

PROCESSAMENTO DE FRUTAS TROPICAIS

Composição nutricional, produtos
e controle de qualidade

2ª edição
revisada e ampliada

Geraldo Arraes Maia
Paulo Henrique Machado de Sousa
Andréa da Silva Lima
Joelia Marques de Carvalho
Larissa Morais Ribeiro da Silva
Giovana Matias do Prado
Raimundo Wilane de Figueiredo


Imprensa
Universitária
UFPE

PROCESSAMENTO DE
FRUTAS TROPICAIS
Composição nutricional,
produtos e controle de qualidade
(2^a edição revisada e ampliada)



Presidente da República

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro da Educação

Camilo Sobreira de Santana



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC

Reitor

Prof. Custódio Luís Silva de Almeida

Vice-Reitora

Prof.^a Diana Cristina Silva de Azevedo

Pró-Reitor de Planejamento e Administração

Prof. João Guilherme Nogueira Matias



IMPrensa UNIVERSITÁRIA

Diretor

Francisco Charles Rocha e Silva Ribeiro

CONSELHO EDITORIAL DA UFC

Presidente

Prof. Paulo Elpídio de Menezes Neto

Conselheiros

Joaquim Melo de Albuquerque

José Edmar da Silva Ribeiro

Felipe Ferreira da Silva

Maria Pinheiro Pessoa de Andrade

Prof.^a Ana Fátima Carvalho Fernandes

Prof. Guilherme Diniz Irffi

Prof. Paulo Rogério Faustino Matos

Prof.^a Sueli Maria de Araújo Cavalcante

Geraldo Arraes Maia
Paulo Henrique Machado de Sousa
Andréa da Silva Lima
Joelia Marques de Carvalho
Larissa Moraes Ribeiro da Silva
Giovana Matias do Prado
Raimundo Wilane de Figueiredo

PROCESSAMENTO DE
FRUTAS TROPICAIS
Composição nutricional,
produtos e controle de qualidade
(2^a edição revisada e ampliada)



Fortaleza
2024

Processamento de frutas tropicais: composição nutricional, produtos e controle de qualidade (2ª edição revisada e ampliada)

Copyright © 2024 by Geraldo Arraes Maia, Paulo Henrique Machado de Sousa, Andréa da Silva Lima, Joelia Marques de Carvalho, Larissa Morais Ribeiro da Silva, Giovana Matias do Prado, Raimundo Wilane de Figueiredo.

Todos os direitos reservados

PUBLICADO NO BRASIL / PUBLISHED IN BRAZIL

Imprensa Universitária – Universidade Federal do Ceará
Av. da Universidade, 2932, Benfica – Fortaleza – Ceará

Coordenação editorial

Ivanaldo Maciel de Lima

Revisão de texto

Adriano Santiago

Normalização bibliográfica

Marilzete Melo Nascimento

Diagramação

Frank Bezerra

Capa

Heron Cruz



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Imprensa Universitária – Universidade Federal do Ceará

M217p Maia, Geraldo Arraes.
Processamento de frutas tropicais [livro eletrônico] : composição nutricional, produtos e controle de qualidade / Geraldo Arraes Maia... [et al.]. – Fortaleza: Imprensa Universitária, 2024.
4.364 kb : il. ; PDF

ISBN: 978-85-7485-467-0

1. Frutas tropicais. 2. Tecnologia de frutas. 3. Processamento de vegetais. I. Maia, Geraldo Arraes. II. Sousa, Paulo Henrique Machado de. III. Lima, Andréa da Silva. IV. Carvalho, Joelia Marques de. V. Silva, Larissa Morais Ribeiro da. VI. Prado, Giovana Matias do. VII. Figueiredo, Raimundo Wilane de. VIII. Título.

CDD 634.6

Elaborada por: Marilzete Melo Nascimento CRB 3/1135

PREFÁCIO

As frutas desempenham papel de grande importância na dieta das populações em razão de fornecerem vitaminas, carboidratos e minerais, sabor e cor agradáveis, além de possuírem inúmeros componentes bioativos de importância para uma vida saudável.

As recomendações de dietas para uma vida saudável preconizam a inclusão de frutas frescas ou produtos derivados, por sua contribuição em vitamina C, minerais, carboidratos e compostos fenólicos, que proporcionam uma atividade antioxidante natural capaz de fortalecer o sistema imunológico e combater os radicais livres envolvidos nos processos degenerativos celulares.

As frutas têm mostrado uma crescente importância tanto nos países desenvolvidos como nos em desenvolvimento, como parte essencial da dieta saudável. As recomendações mostram que devem ser ingeridas várias porções de frutas e hortaliças por dia. As frutas processadas são bastante utilizadas de diversas formas por grande parte da população.

Um setor do agronegócio brasileiro que apresenta destaque significativo é a fruticultura que, além de atender ao mercado interno, mostra um crescimento constante no mercado externo. A agroindústria de frutas, conseqüentemente, vem também crescendo em razão do aumento das vendas de frutas processadas com a oferta de produtos de alta qualidade.

A tendência observada nas frutas minimamente processadas dá acesso ao consumidor a uma oferta de produtos que fornecem os mesmos benefícios do produto não processado, com completa conveniência (facilidade de manuseio sem necessidade de cortar, sujar etc.).

Tecnologias não convencionais vêm sendo utilizadas visando inclusão ou maior retenção de compostos bioativos e/ou componentes associados às características sensoriais de produtos processados de frutas, resultando em produtos com alta qualidade nutricional e sensorial.

Este livro aborda temas relacionados com as frutas no que diz respeito ao valor nutritivo e funcional, fisiologia e manuseio pós-colheita (Capítulos 1, 2 e 3). Em seguida, são abordadas as principais etapas de obtenção de frutas minimamente processadas, com exemplos de processamento mínimo de algumas frutas tropicais, como goiaba, manga, abacaxi e melão (Capítulo 4). São apresentadas as operações básicas durante o processamento de frutas (Capítulo 5) para, em seguida, serem apresentados assuntos referentes ao processamento de produtos oriundos de frutas, desidratação de frutas (Capítulo 6), preservação de frutas pela utilização de açúcar (Capítulo 7), processamento de polpas, sucos e néctares de frutas (Capítulo 8), tecnologia de processamento do coco (Capítulo 9), tecnologia do processamento da castanha-de-caju (Capítulo 10), bem como tecnologias não convencionais utilizadas no processamento de frutas tropicais (Capítulo 11), embalagens para produtos derivados de frutas (Capítulo 12), aspectos relacionados à classificação e legislação de produtos de frutas tropicais (Capítulo 13).

São abordados aspectos interessantes com relação à industrialização das frutas na forma de vários produtos de interesse comercial. As informações contidas neste livro são importantes para estudantes, professores, técnicos da indústria e outros profissionais que trabalham com o processamento de frutas. O conteúdo teórico apresentado é acompanhado das exemplificações de processos industriais dos diversos métodos de preservação de frutas, com ênfase às frutas tropicais.

Sumário

- 09** Componentes Nutricionais, Funcionais e Caracterização Físico-Química de Frutas Tropicais
- 27** Fisiologia dos Frutos e Transformações Bioquímicas Durante o Amadurecimento e Armazenamento
- 38** Manuseio Durante Colheita e Pós-Colheita de Frutos, Transporte e Armazenamento
- 43** Processamento Mínimo de Frutas
- 70** Operações Básicas do Processamento de Frutos
- 86** Desidratação de Frutas
- 111** Preservação de Frutas por Açúcar
- 134** Processamento de Polpas, Sucos e Néctares de Frutas
- 166** Tecnologia de Processamento do Coco
- 195** Tecnologia do Processamento da Castanha-de-Caju

- 215** Tecnologias não Convencionais para Produtos de Frutas Tropicais
- 237** Embalagem para Produtos Derivados de Frutas
- 253** Classificação e Legislação de Produtos de Frutas Tropicais

1. COMPONENTES NUTRICIONAIS, FUNCIONAIS E CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE FRUTAS TROPICAIS

1.1 Introdução

O ser humano depende das frutas para obter algumas vitaminas, principalmente ácido ascórbico, fibras e outros nutrientes importantes, além da variedade de sabores, texturas e cores que, combinados, faz deles um acréscimo revigorador para qualquer dieta.

As frutas são consideradas, do ponto de vista do seu valor nutritivo, como complemento dos alimentos básicos. Os componentes mais abundantes nas frutas são a água e os carboidratos, sendo que, do ponto de vista nutricional, se constituem numa fonte importante de energia, vitaminas e minerais.

A composição nutricional e físico-química das frutas varia bastante devido às diferenças entre cultivares, grau de maturidade, estação de colheita, tratos culturais, locais de plantio e fatores climáticos.

Vários países na América Latina possuem excelentes condições climáticas para o desenvolvimento da fruticultura. Com uma área de cultivo de cerca de dois milhões de hectares, o Brasil é considerado o terceiro maior produtor de frutas, exportando anualmente cerca de 800 mil toneladas, correspondente a um valor faturado nas vendas de cerca de 850 milhões de dólares. Ainda no que diz respeito à exportação, em 2019, a expectativa é de que as exportações brasileiras de frutas ultrapassem um bilhão de dólares por ano.

Existe uma crescente demanda por consumidores de nações industriais por uma grande variedade em sua dieta. Este interesse não se estende somente para frutas tropicais frescas, mas também para produtos de frutas processadas.

Estudos botânicos têm mostrado que existem mais de 600 tipos diferentes de frutas comestíveis nas regiões tropicais e subtropicais no mundo, mas somente 25 delas são exploradas comercialmente. Exceto abacaxi e banana, se conhece muito pouco a respeito do consumo e do valor nutricional da maioria das frutas tropicais.

1.2 Composição Nutricional e Características Físico-Químicas de Frutas Tropicais

O ser humano depende das frutas para obter algumas vitaminas, principalmente ácido ascórbico, fibras e outros nutrientes importantes, além da variedade de sabores, texturas e cores que, combinados, faz deles um acréscimo revigorador para qualquer dieta.

As frutas são consideradas, do ponto de vista do seu valor nutritivo, como complemento dos alimentos básicos. Os componentes mais abundantes nas frutas são a água e os carboidratos, sendo que, do ponto de vista nutricional, se constituem numa fonte importante de energia, vitaminas e minerais.

As frutas, em geral, têm um alto conteúdo de umidade e um baixo teor de lipídeos e proteínas. A fração de carboidrato está presente na maioria das vezes como glicose, frutose (açúcares redutores), sacarose (açúcar não redutor) e fibra dietética. O valor calórico, portanto, é derivado, principalmente, dos carboidratos (Quadro 1).

A água é responsável por mais de 70% da composição das frutas. Em algumas delas, como acerola, pode-se encontrar um conteúdo de água correspondente a mais de 90% do total da fruta (Quadro 1). O conteúdo de água pode variar entre as mesmas variedades de frutas, dependendo de diferentes tratamentos culturais, o que vem acarretar diferenças estruturais entre as frutas.

Os carboidratos consistem de polissacarídeos como amido, celulose, hemicelulose e material péctico, e também de dissacarídeos ou monossacarídeos, como os açúcares sacarose, frutose e glicose. A quantidade

de cada um destes constituintes pode variar drasticamente durante o amadurecimento da fruta. Os açúcares são geralmente mais abundantes nas frutas mais maduras.

As proteínas correspondem a menos de 3% da massa fresca das frutas (SALUNKHE; BOLIN; REDDY, 1991). O conteúdo de lipídeos na maioria das frutas é abaixo de 1%, como se pode verificar no Quadro 1, com algumas exceções, como é o caso do abacate, que possui mais de 14% de lipídeos.

Quadro 1 – Composição centesimal e valor calórico de algumas frutas tropicais

Frutas	Componentes						
	Umidade (g/100 g)	Proteínas (g/100 g)	Lipídios (g/100 g)	Cinzas (g/100 g)	Carboidratos (g/100 g)	Fibra (g/100 g)	Energia (Kcal/100 g)
Abacate*	73,23	2,00	14,66	1,58	8,53	6,7	160
Abacaxi*	86,00	0,54	0,12	0,22	13,12	1,4	50
Acerola*	91,41	0,40	0,30	0,20	7,69	1,1	32
Açai**	90,18	0,89	3,95	0,40	2,31	2,27	48
Banana*	74,91	1,09	0,33	0,82	22,84	2,6	89
Caju***	87,33	0,71	0,23	0,33	11,40	0,15	50
Camu-camu****	94,10	0,40	0,30	0,30	3,50	0,1	20
Cupuçu***	85,50	1,25	0,38	0,71	12,16	–	57
Goiaba*	80,80	2,55	0,95	1,39	14,32	5,4	68
Graviola*	81,16	1,00	0,30	0,70	16,84	3,3	66
Mamão*	88,83	0,61	0,14	0,61	9,81	1,8	39
Manga*	81,71	0,51	0,27	0,50	17,00	1,8	65
Maracujá*	84,21	0,67	0,18	0,49	14,45	0,2	60
Melão*	90,15	0,84	0,19	0,65	8,16	0,9	34
Pitanga*	90,81	0,80	0,40	0,50	7,49	–	33
Tamarindo*	31,40	2,80	0,60	2,70	62,50	5,1	239

Fonte: * USDA (2008), ** Barbosa (2019), *** Maia (2001), **** Justi *et al.* (2000).

Nas frutas, o mais importante contribuinte de energia são os carboidratos. As proteínas e os ácidos orgânicos também podem servir como fonte de energia, mas o corpo humano prefere usar carboidratos e lipídeos.

Os ácidos orgânicos desempenham importante papel no sabor dos frutos através da relação sólidos solúveis: acidez. Os açúcares conferem doçura, enquanto os ácidos orgânicos, acidez.

As frutas contêm uma variedade de elementos minerais tais como: potássio, cálcio, magnésio e fósforo. Embora as frutas não sejam ricas em minerais, o potássio é o mineral mais abundante encontrado nelas e ocorre principalmente em combinação com vários outros ácidos orgânicos (KADER; BARRETT, 2005). O cálcio está presente no material péctico da parede celular das frutas, o magnésio, em moléculas de clorofila, e o fósforo pode desempenhar um papel importante no metabolismo dos carboidratos. Em geral, os minerais contribuem amplamente para a qualidade dos produtos da fruta. O cálcio, por exemplo, pode influenciar a textura e a vida de prateleira da fruta (FOURIE, 2001). O conteúdo mineral pode variar com a região e o tipo de solo.

O Quadro 2 apresenta o teor de minerais de algumas frutas tropicais.

Em geral, as frutas possuem altos teores de vitamina C, porém são pobres em vitamina B, quando comparadas com outros grupos alimentares. Caju, acerola e camu-camu são frutas ricas em vitamina C. A maioria das frutas tropicais pode ser considerada como uma fonte satisfatória de folato, suprindo de 8 mcg. a 81 mcg. O cupuaçu é uma excelente fonte de tiamina, enquanto o caju e o tamarindo podem ser considerados uma boa fonte desta vitamina. Ambos são considerados boas fontes de riboflavina (Quadro 3). A goiaba, o caju, o maracujá e o cupuaçu são boas fontes de niacina.

O Quadro 3 apresenta o conteúdo de vitaminas de algumas frutas tropicais

Quadro 2 – Conteúdo mineral de algumas frutas tropicais

Frutas	Minerais	Ca (mg/100 g)	Fe (mg/100 g)	Mg (mg/100 g)	P (mg/100 g)	K (mg/100 g)	Na (mg/100 g)	Zn (mg/100 g)	Cu (mg/100 g)	Mn (mg/100 g)	Se (mcg/100 g)
Abacate*	12	0,55	29	52	485	7	0,190	0,142	0,190	0,142	0,4
Abacaxi*	13	0,29	12	8	109	1	0,110	0,927	0,110	0,927	0,1
Acerola*	12	0,20	18	11	146	7	0,086	–	0,086	–	0,6
Açai**	309	2059	178	147	990	76	1,38	32,300	1,38	32,300	1321
Banana*	5	0,26	27	22	358	1	0,078	0,270	0,078	0,270	1
Caju***	14	0,58	–	18	143	12	–	–	–	–	–
Camu- -camu****	16	0,53	12	–	84	11	0,36	0,211	0,200	0,211	–
Cupuacu***	40	–	–	310	143	12	–	–	–	–	–
Goiaba*	18	0,26	22	40	417	2	0,23	0,150	0,230	0,150	0,6
Graviola*	14	0,60	21	27	278	14	0,10	–	0,086	–	0,6
Mamão*	24	0,10	10	5	257	3	0,07	0,011	0,016	0,011	0,6
Manga*	10	0,13	9	11	156	2	0,04	0,027	0,110	0,027	0,6
Maracujá*	4	0,36	17	25	278	6	0,06	–	0,050	–	0,1
Melão*	9	0,21	12	15	267	16	0,18	0,041	0,041	0,041	0,4
Pitanga*	9	0,20	12	11	103	3	–	–	–	–	–
Tamarindo*	74	2,80	92	113	628	28	0,10	–	0,086	–	1,3

Fonte: * USDA (2008), ** Bichara e Rogez (2011), *** Maia (2001).

Quadro 3 – Conteúdo de vitaminas de algumas frutas tropicais

Frutas	Vitaminas									
	Vit. C (mg/100 g)	Tiamina (mg/100 g)	Riboflavina (mg/100 g)	Niacina (mg/100 g)	Ácido Panto- tênico (mg/100 g)	Vit. B-6 (mg/100 g)	Folato (mcg/100 g)	Vit. A (IU/100 g)	Vit. E (mg/100 g)	
Abacate*	10,0	0,067	0,130	1,738	1,389	0,257	81	146	2,07	
Abacaxi*	47,8	0,079	0,032	0,500	0,213	0,112	18	58	0,02	
Acerola*	1677,6	0,020	0,060	0,400	0,309	0,009	14	767	–	
Banana*	8,7	0,031	0,073	0,665	0,334	0,367	20	64	0,10	
Cajuí**	230,8	0,200	0,200	0,500	–	–	–	10,5	–	
Camu- -camu**	2880***	0,010	0,040	0,060	–	–	–	–	–	
Cupuaçu**	27,0	1,800	0,215	3,200	–	–	–	–	–	
Goiaba*	228,3	0,067	0,040	1,084	0,451	0,110	49	624	0,73	
Graviola*	20,6	0,070	0,050	0,900	0,253	0,059	14	2	0,08	
Mamão*	61,8	0,027	0,032	0,338	0,218	0,019	38	1094	0,73	
Manga*	27,7	0,058	0,057	0,584	0,160	0,134	14	765	1,12	
Maracujá*	18,2	0,000	0,101	2,240	–	0,060	8	943	0,01	
Melão*	36,7	0,041	0,019	0,734	0,105	0,072	21	3382	0,05	
Pitanga*	26,3	0,030	0,040	0,300	–	–	–	1500	–	
Tamarindo*	3,5	0,428	0,152	1,938	0,143	0,066	14	30	0,10	

Fonte: *USDA (2008), ** Maia (2001), *** Ludwig (1996).

As frutas também são ricas em betacaroteno, que é o mais ativo precursor da vitamina A. Uma molécula de betacaroteno fornece duas moléculas de vitamina A, mas o organismo é somente 50% eficiente nesta conversão. As frutas não contêm vitamina A, mas aquelas com cor amarela, laranja ou vermelha, contêm pigmentos carotenoides. Estes podem ser transformados no corpo humano em vitamina A e são referidos como provitamina A. As formas mais comuns da provitamina A são alfa e betacaroteno, beta-criptoxantina e beta-8”-caroteno (SAIN-HILAIRE; STRUEBI, 1982). Frutas sem cor como graviola são assumidas ter pouco ou nenhum valor de provitamina A.

A composição nutricional e físico-química das frutas varia bastante devido às diferenças entre cultivares, grau de maturidade, estação de colheita, tratos culturais, locais de plantio e fatores climáticos. As frutas tropicais, como a maioria delas, são geralmente ácidas, com pH variando entre 2,4 para cajá, até 5,8 para mamão. Melões possuem geralmente pH mais elevado. As frutas possuem quantidades elevadas de sólidos solúveis totais, variando de 5,5 °Bx para o camu-camu, até valores maiores que 25 °Bx em algumas variedades de bananas, sendo os sólidos solúveis compostos principalmente de açúcares, em maior quantidade, e de menores quantidades de ácidos orgânicos e outros componentes (Quadro 4). Os principais ácidos orgânicos presentes nas frutas são o ácido cítrico e o málico.

Quadro 4 – Valores de pH, sólidos solúveis e acidez titulável de frutas tropicais

Frutas	pH	Sólidos solúveis (°Bx)	Acidez titulável (% de ácido cítrico)	Autor
Acerola	3,31-3,91	5,7-10,0	0,53-1,52	Moura <i>et al.</i> (2002)
Abacaxi	3,5-3,8	11,0-17,0	0,30-0,59	Maia (2000)
Açaí	4,12-4,29	9,19-10,91	2,05-3,49	Almico <i>et al.</i> (2018)
Banana	4,19-4,97	20,20-26,53	0,27-0,55	Botelho <i>et al.</i> (2004)
Cajá	2,4-3,0	11,4-15,0	0,9-1,6	Sacramento e Souza (2000)
Caju	3,5-4,5	9,8-14,0	0,22-0,52	Filgueiras <i>et al.</i> (1999)
Camu-camu	2,40-2,56	5,50-6,80	2,63-2,84	Maia (2001)

Cupuaçu	2,60-3,30	6,00-10,80	1,50-2,15	Maia (2001)
Goiaba	3,72-4,22	7,2-10,9	0,40-1,04	Lima, Joston e Gonzaga Neto (2002)
Graviola	3,4-3,7	13,0-16,0	0,70-0,80	Maia (2000)
Manga	3,60-4,29	12,20-8,80	0,38-1,50	Ramos, Sousa e Benevides (2004)
Melão	5,47-5,55	8,8-9,3	0,19-0,20	Silva <i>et al.</i> (1998)
Maracujá	2,90-3,02	13,75-14,53	3,91-4,37	De Marchi, Monterio e Benato (2000)
Mamão	4,91-5,89	9,0-14	0,04-0,16	Santana, Matsuura e Cardoso (2004)

Fonte: Elaborada pelos autores.

1.3 Componentes funcionais das frutas

Uma mudança apropriada na dieta em relação à inclusão de componentes encontrados em frutas pode ser importante na prevenção de doenças e para uma vida mais saudável.

As frutas são componentes importantes da dieta humana, já que são fontes naturais de carboidratos, carotenoides, vitaminas, minerais, fibras entre outros; portanto, elas podem ser consideradas alimentos funcionais, já que podem influenciar na saúde pela prevenção ou tratando patologias (diabetes, hipertensão, hipercolesterolemia de obesidade, constipação e câncer), além do seu poder nutricional (cegueira noturna, anemia, escorbuto e xeroftalmia).

A história dos alimentos funcionais é relacionada, em geral, à melhoria da saúde em combinação com a longevidade. Os alimentos funcionais são supostamente uma parte da dieta diária, os quais não são alimentos encapsulados e são derivados de substâncias de ocorrência natural.

Pimentel, Francki e Gollucke (2005) e Sgarbieri e Pacheco (1999) definem alimento funcional como sendo qualquer alimento, natural ou preparado, que contenha uma ou mais substâncias classificadas como nutrientes ou não nutrientes, capazes de atuar no metabolismo e na fisiologia humana, promovendo efeitos benéficos para a saúde, podendo retardar o estabelecimento de doenças crônico-degenerativas e melhorar a qualidade e a expectativa de vida das pessoas.

O anticarcinógeno não nutritivo mais conhecido é a fibra dietética, uma variedade de carboidratos indigeríveis pelas enzimas do sistema digestivo humano. Fibra dietética não é um fornecedor de calorias nem de nutrientes essenciais, mas sabe-se que é importante para o bom funcionamento intestinal. Esta definição inclui lignina e polissacarídeos estruturais e não estruturais, excetuando-se o amido. A inter-relação entre estrutura e as propriedades físicas e químicas determina o efeito nutricional e as propriedades funcionais das fibras. A solubilidade em água é um dos critérios para classificação. Pectinas, gomas, mucilagens, alginatos, β -glucanas e algumas hemiceluloses são consideradas fibras solúveis, enquanto que a lignina, celulose e a maioria das hemiceluloses são fibras insolúveis (CÂNDIDO; CAMPOS, 1995). Mecanismos propostos para o potencial anticarcinógeno da fibra dietética incluem, por exemplo, diminuição do tempo de passagem intestinal, abaixamento do pH intestinal e ligação de ácidos biliares (MANZI; PIZZOFERRATO, 2000; VERHAGEN *et al.*, 1993).

As fibras têm diversas funções fisiológicas, tais como: regulação da função intestinal, prevenção de constipação, melhoramento da flora bacteriana intestinal, inibição da absorção de substâncias prejudiciais, prevenção de câncer de cólon, imunotivação, regulação do conteúdo de açúcar no sangue, inibição de secreção de insulina, inibição de secreção de glicogênio, prevenção de diabetes mellitus, regulação do conteúdo de gordura no sangue e do conteúdo de colesterol, prevenção de formação de cálculo biliar, diminuição na gordura natural, prevenção de obesidade e efeito hipotensor.

Dietas pobres em fibras frequentemente estão associadas a doenças coronarianas, diabetes, afecções diverticulares e câncer de cólon, assim como a uma série de outros distúrbios do trato gastrointestinal. Isso tem estimulado a comunidade científica a examinar o papel das fibras na nutrição e na saúde humana. Recomenda-se uma ingestão de 20 g a 30 g de fibras por dia para adultos (COSTA; BORÉM, 2003). Frutas como maracujá, abacate e goiaba são muito ricas neste componente.

Os benefícios dos minerais incluem: promoção do crescimento de ossos e dentes, prevenção de osteoporose e prevenção de anemia.

O cálcio da dieta tem sido visto como efeito protetor contra osteoporose, diminuição da pressão sanguínea e diminuição de câncer de cólon. Contudo, ainda existe controvérsia se a ingestão de cálcio além do nível da IDR é benéfica (BERNER; MCBEAN; LOFGREN, 1990). É importante mencionar a presença de pequena quantidade de selênio e zinco nas frutas listadas que tem importante função na nutrição. O zinco tem envolvimento num grande número de enzimas ou como estabilizador da estrutura molecular de componentes subcelulares das membranas. O selênio age com a vitamina E, sendo então um componente de um sistema de defesa antioxidante do organismo (FRANCO, 1999).

As vitaminas são nutrientes requeridos para funções específicas no corpo. Caso as vitaminas não sejam consumidas em quantidades suficientes, há o desenvolvimento de doenças de deficiência.

O papel da dieta na etiologia de doenças cardiovasculares tem sido conhecido a longo tempo, mas vários estudos indicam que uma baixa ingestão de vitaminas antioxidantes E e C e provitamina A (betacaroteno) contribui para a incidência de doenças cardiovasculares. Os compostos antioxidantes contra-atacam os efeitos oxidantes sobre os lipídeos, capturando os radicais livres. Os nutrientes antioxidantes (principalmente vitaminas A, C e E) são possíveis profiláticos, tanto na cura como no processo da doença. O nível dessas vitaminas antioxidantes essenciais, em contraste com outros mecanismos de defesa do corpo, é determinado principalmente pelo suprimento destas na dieta.

Os antioxidantes são importantes porque, com o combate aos processos oxidativos, tem-se menores danos ao DNA e às macromoléculas (como lipídeos e proteínas) e, desta forma, amenizam-se os danos cumulativos que podem desencadear patologias como câncer, cardiopatias e catarata. Estes compostos podem atuar de diversas formas: evitando a formação de radicais livres através da reação com os produtos iniciais da oxidação lipídica, quelando metais pesados e evitando a formação de hidroperóxidos ao desativar o oxigênio. Os carotenoides, a vitamina C, a vitamina E, flavonoides, o selênio, entre outros, são exemplos de antioxidantes.

As lesões causadas pelos radicais livres nas células podem ser prevenidas ou reduzidas por meio da atividade de antioxidantes, sendo estes encontrados em muitos alimentos. Os antioxidantes podem agir diretamente na neutralização da ação dos radicais livres ou participar indiretamente de sistemas enzimáticos com essa função. Dos componentes não enzimáticos da defesa antioxidante destacam-se alguns minerais (cobre, manganês, zinco, selênio e ferro), vitaminas (ácido ascórbico, vitamina E, vitamina A), carotenoides (betacaroteno, licopeno e luteína), bioflavonoides (genisteína, quercetina) e taninos (catequinas) (PAPAS, 1999).

Silva *et al.* (2018) avaliaram os teores de quercetina em diversas frutas tropicais, encontrando maiores teores em polpa de cajá (50,24 µg/g), resíduos de manga (61,27 µg/g) e pitanga (105,52 µg/g).

A vitamina C ou ácido ascórbico tem múltiplas funções no organismo. É necessária para a produção e manutenção do colágeno (substância proteica encontrada em todos os tecidos fibrosos); é responsável pela cicatrização de feridas, fraturas, contusões e sangramentos gengivais; reduz a suscetibilidade à infecção, desempenha papel na formação de dentes e ossos, aumenta a absorção de ferro e previne o escorbuto. Desse modo, a vitamina C torna-se importante no desenvolvimento e manutenção do organismo humano. O caju, a acerola, a goiaba e o camu-camu são frutas muito ricas em vitamina C.

A vitamina E é a principal vitamina antioxidante transportada na corrente sanguínea pela fase lipídica das partículas lipoproteicas. Junto com o betacaroteno e outros antioxidantes naturais, chamados ubiquinonas, a vitamina E protege os lipídeos da peroxidação. Acredita-se que a vitamina E ajude a reduzir dano ao músculo causado pelo radical livre do oxigênio produzido durante o exercício (KUBO *et al.*, 1993).

Uma ingestão aumentada de frutas e vegetais e também elevados níveis sanguíneos de betacaroteno são consistentemente associados com risco reduzido de câncer na cabeça, pescoço, estômago, esôfago e pulmão em estudos epidemiológicos. Carotenoides específicos possuem uma ampla variação de funções biológicas relacionadas à saúde. Estudos mostram a relação entre o aumento no consumo de alimentos ricos em carotenoides e a diminuição no risco de várias doenças. Segundo Olson

(1999), os carotenoides sequestram o oxigênio singlete, removem os radicais peróxidos, modulam o metabolismo carcinogênico, inibem a proliferação celular, estimulam a comunicação entre células (junções gap), e elevam a resposta imune.

Os carotenoides, juntamente com as vitaminas, são as substâncias mais investigadas como agentes quimiopreventivos, funcionando como antioxidantes em sistemas biológicos.

Os radicais livres podem ser átomos ou moléculas formadas durante processos fisiológicos no organismo e que têm alta reatividade devido à presença de um ou mais elétrons não pareados na sua estrutura. Embora sejam formados durante o metabolismo normal, um excesso na quantidade de radicais formados ou uma dificuldade do organismo em se desfazer deles pode gerar resultados adversos, como danos oxidativos a lipídios, proteínas e moléculas de DNA. O organismo dispõe de sistemas enzimáticos capazes de neutralizar os radicais livres e ainda alguns compostos como as vitaminas C e E e os carotenoides, dentre outros, têm sido apontados como agentes antioxidantes.

Os carotenoides reagem com os radicais peróxidos livres, notavelmente com os radicais peróxidos e com o oxigênio molecular, sendo a base de sua ação antioxidante. Carotenoides como o β -caroteno, licopeno, zeaxantina e luteína, exercem funções antioxidantes em fases lipídicas, bloqueando os radicais livres que danificam as membranas lipoproteicas.

O licopeno aparece atualmente como um dos mais potentes antioxidantes, sendo sugerido na prevenção da carcinogênese e aterogênese por proteger moléculas como lipídios, lipoproteínas de baixa densidade (LDL) proteínas e DNA (SHAMI; MOREIRA, 2004).

O licopeno é um carotenoide lipossolúvel e sem a atividade pró-vitamina A, sendo composto por onze ligações conjugadas e duas ligações duplas não conjugadas, responsável pela cor vermelha em frutas como goiaba, melancia, mamão e pitanga (KRINSKY, 2001; ARAB; STECK, 2000). A capacidade do licopeno de neutralizar o oxigênio singlete altamente reativo é substancialmente maior que a do beta-caroteno. O licopeno é acumulado em altas concentrações no fígado, testículos e próstata. Estudos epidemiológicos e de laboratório têm

sinalizado a habilidade do licopeno em retardar o desenvolvimento de câncer (estômago, pulmão e próstata). Outros cânceres cujo risco está inversamente associado com o nível de licopeno no sangue e nos tecidos incluem: mama, trato digestivo, bexiga e pele. Eles aparecem na manga, no mamão, no maracujá e, de uma maneira geral, nas frutas e legumes de cor amarela ou laranja. Luteína e zeaxantina são dois carotenoides fundamentais para a visão além de agirem como antioxidantes, sendo a luteína encontrada abundantemente em espinafre e a zeaxantina, em milho (GALVÃO, 2000; GERMANN; ROCHE; SWITZERLAND, 1994). Acerola, goiaba e mamão são fontes importantes de β -caroteno e/ou licopeno. Frutas como manga (77%IDR), maracujá (80%IDR) e mamão (36%IDR) são consideradas excelentes fontes de pró-vitamina A (MAIA, 2001).

A maioria das frutas tropicais pode ser considerada como uma fonte satisfatória de folato, suprimindo de 14 mcg a 48 mcg. O folato funciona como cossustratos de enzimas em muitas reações de metabolismo de aminoácidos e nucleotídeos, sendo necessários para a síntese de DNA, bem como na conversão da histidina em ácido glutâmico, auxilia na conversão da metionina a partir da homocisteína, além de ser essencial para a formação de células sanguíneas vermelhas e brancas na medula óssea e por sua maturação (COMBS JÚNIOR, 2003).

Outros componentes que vêm sendo estudados são os componentes fenólicos que, em virtude de sua reatividade, particularmente com enzimas e elementos minerais, são considerados fatores antinutricionais, pelo fato de poderem interferir com a digestão de proteínas e a absorção de minerais. Entretanto, estudos mais recentes têm revelado propriedades funcionais fisiológicas importantes desses compostos na proteção dos órgãos e tecidos contra o estresse oxidativo e contra a carcinogênese. Os compostos fenólicos são responsáveis pela atividade antioxidante de diversos vegetais, estando presente em diversas frutas tropicais (Quadro 5).

Quadro 5 – Teores de compostos fenólicos totais de polpas e coprodutos de frutas tropicais

Frutas	Compostos fenólicos totais (mg GAE/100g base úmida)		
Nome comum	Nome científico	Polpa	Subproduto
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i>	137,32 ± 11,28	317,45 ± 25,67
Acerola	<i>Malpighia emarginata</i> D.C.	1827,07 ± 50,22	1195,14 ± 2,76
Cajá	<i>Spondias mombin</i> L.	156,93 ± 7,9 4	nr
Caju	<i>Anacardium occidentale</i> L.	700,46 ± 33,17	1591,76 ± 89,47
Goiaba	<i>Psidium guajava</i>	333,24 ± 21,58	685,78 ± 2,78
Graviola	<i>Annona muricata</i> L.	547,01 ± 22,56	201,26 ± 3,12
Mamão	<i>Carica papaya</i> L.	88,08 ± 9,85	98,47 ± 3,19
Manga	<i>Mangifera indica</i> L.	122,23 ± 4,22	336,25 ± 45,32
Maracujá	<i>Passiflora edulis</i> Sims.	116,65 ± 2,43	277,67 ± 25,01
Pitanga	<i>Eugenia uniflora</i> L.	420,65 ± 20,67	1482,36 ± 35,82
Sapoti	<i>Manikara zapota</i> L.	52,30 ± 5,00	305,81 ± 52,59
Tamarindo	<i>Tamarindo indica</i> L.	492,97 ± 28,48	nr

Fonte: Silva *et al.* (2014). nr = não realizado.

Dentre os compostos fenólicos com propriedade antioxidante, destacam-se os flavonoides que, quimicamente, englobam as antocianinas e os flavonóis. As antocianinas são pigmentos solúveis em água, amplamente difundidas no reino vegetal e conferem as várias nuanças de cores entre laranja, vermelha e azul encontradas em frutas. Os flavonóis são pigmentos de cores branca ou amarela clara, encontrados nesses alimentos. O caju, o maracujá e a acerola são ricos em componentes fenólicos, que estão enquadrados na categoria dos fitoquímicos. Os fenólicos, de um modo geral, são inibidores potenciais de carcinogênese, agindo em diferentes estágios do processo patológico de promoção e iniciação de tumores. Alguns deles têm propriedades antioxidantes e podem ser importantes na prevenção de diversas doenças, como as cardiovasculares.

REFERÊNCIAS

- ALMICO, J. D. *et al.* Avaliação da qualidade microbiológica, físico-química e química de polpas de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) pasteurizadas, congeladas, comercializadas em Aracaju - SE. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v. 12, n. 2, p. 156-168, 2018.
- ARAB, L.; STECK, S. Lycopene and cardiovascular disease. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 71, n. 6, p. 1691-1695, 2000.
- BARBOSA, P. O. *O consumo da polpa de açaí (Euterpe Oleracea Martius) durante a gestação e lactação atenua a esteatose hepática em ratas e protege a prole contra o excesso de lipídeos.* 2019. 158 f. Tese (Doutorado em Ciências Biológicas) – Núcleo de Pesquisas em Ciências Biológicas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2019.
- BERNER, L. A.; MCBEAN, L. D.; LOFGREN, P. A. Calcium and chronic disease prevention: challenge to the food industry. *Food Technology*, v. 44, n. 3, p. 50-77, 1990.
- BICHARA, C. M. G.; ROGEZ, H. Açaí (*Euterpe oleracea* Martius). In: YAHIA, E. M. (ed.). *Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits*. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2011.
- BLENFORD, D. E. Winner drinks: use of amino acids and peptides in sports nutrition. *International Foods Ingredients*, v. 3, p. 20-23, 1996.
- BOTELHO, M. A. P. *et al.* Avaliação de genótipos de bananeira no estado do Piauí: 3 qualidades de fruto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA: Os novos desafios da fruticultura brasileira, 17., 2002. Belém. *Anais [...]*. Belém: SBF, 2002.
- CÂNDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. *Alimentos para fins especiais: dietéticos.* São Paulo: Varela, 1995. 423 p.
- COMBS JÚNIOR, G. F. Vitaminas. In: MAHAN, L. K.; ESCOTT-STUMP, S. *Krause: alimentos, nutrição e dietoterapia.* 10. ed. São Paulo: Roca, 2003. p. 65-105.

COSTA, N. M. B.; BOREM, A. *Biotecnologia e nutrição: saiba como o DNA pode enriquecer os alimentos*. São Paulo: Nobel, 2003. 214 p.

DE MARCHI, R.; MONTEIRO, M.; BENATO, E. A. Uso da cor da casca como indicador de qualidade do maracujá amarelo (*Passiflora edulis Sims. f. flavicarpa* Deg.) destinado à industrialização. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 20, n. 3, p. 381-387, 2000.

FILGUEIRAS, H. A. C. *et al.* Cashew apple for fresh consumption: research on harvest and post-harvest technology in Brasil. *Acta Horticulturae*, n. 485, p. 155-160, 1999.

FOURIE, P. C. Fruit an human nutrition. *In*: ARTEY, D.; ASHURST, P. R. *Fruit processing: nutrition, products, and quality management*. 2nd ed. Gaithersburg, Maryland: Aspen Publication, 2001. p. 37-52.

FRANCO, G. *Tabela de composição química dos alimentos*. 9. ed. Rio de Janeiro: Atheneu. 1999. 307 p.

GALVÃO, L. P. Novos ingredientes funcionais e seus benefícios para a saúde do século XXI. *Food Ingredients*, v. 9, p. 21, 2000.

GERMANN, I.; ROCHE, H.; SWITZERLAND. Betacarotene: inducer of cell-cell comutation. *Internatinal Food Ingredients*, n. 4, p. 21, 1994.

JUSTI, K. C. *et al.* Nutritional composition and vitamina C stability in stored camu-camu (*Myrciaria dubia*) pulp. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, Caracas, v. 50, n. 4, dic. 2000.

KADER, A. A.; BARRETT, D. M. Classification, composition of fruits, and postharvest maintenance of quality. *In*: BARRETT, D. M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. (ed.). *Processing fruits: science and technology*. 2nd ed. USA: CRC Press, 2005.

KRINSKY, N. I. Carotenoids as antioxidants. *Nutrition*, v. 17, p. 815-817, 2001.

KUBO, I. *et al.* Antitumor agents from the cashew (*Anacardium occidentale* L.) apple juice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v. 41, n. 6, p. 1012-1015, 1993.

- LIMA, M. A. C.; JOSTON, A. S.; GONZAGA NETO, L. Caracterização dos frutos de goiabeira e seleção de cultivares na Região do Submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 24, n. 1, p. 273-276, 2002.
- LUDWIG, M. M. *A nova rainha da vitamina C: camu-camu*. São Paulo: Azul, 1996.
- MAIA, G. A. Nutritional aspects of some tropical juices of Latin American. *In: IFU WORLD CONGRESS*, 13., 2001, Sydney. *Anais [...]*. Sydney, 2001. v. 1, p. 135-152.
- MAIA, G. A. Production and processing tropical fruit juices from Brazil. *In: IFU SYMPOSIUM*, 23., 2000, Havana/Cuba. *Anais [...]*. Havana/Cuba, 2000. p. 128-139.
- MANZI, P.; PIZZOFERRATO, L. Beta-glucans in edible mushrooms. *Food Chemistry*, v. 68, n. 15, p. 315-318, 2000.
- MOURA, C. F. H. *et al.* Avaliação de clones de aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.) na Região da Chapada do Apodi-Ceará. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA*, 17., 2002, Belém. *Anais [...]*. Belém: SBF, 2002. n. 746.
- OLSON, J. A. Vitamina A. *In: BROWN, M. B. (ed.). Present knowledge in nutrition*. 6. ed. 1999. p. 96-107. (Washington, DC: Nutrition Foundation, 1990).
- PAPAS, A. M. Diet and antioxidant status. *Food Chemical Toxicology*, v. 37, n. 9-10, p. 999-1007, 1999.
- PIMENTEL, C. V. M. B.; FRANCKI, V. M.; GOLLUCKE, A. P. B. *Alimentos Funcionais: introdução às principais substâncias bioativas em alimentos*. São Paulo: Livraria Varela, 2005. 87 p.
- RAMOS, A. M.; SOUSA, P. H. M.; BENEVIDES, S. D. Tecnologia de Industrialização da Manga. *In: Produção Integrada, Industrialização e Comercialização*. Visconde do Rio Branco-MG: Suprema Gráfica e Editora Ltda, 2004. p. 571-604.
- SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F. X. *Cajá (Spondias mombin L.)*. Jaboticabal: Funep, 2000. 42 p. (Série Frutas Nativas, n. 4).

- SAIN-HILAIRE, P.; STRUEBI, P. Tropical fruit juice processing. *Alimentaria*, v. 21, p. 59-95, 1982.
- SALUNKHE, D. K.; BOLIN, H. R.; REDDY, N. R. *Storage, processing and nutritional quality of fruits and vegetables*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 1992. v. 1.
- SANTANA, L. R. R.; MATSUURA, F. C. A. U.; CARDOSO, R. L. Genótipos melhorados de mamão (*Carica papaya* L.): avaliação sensorial e físico-química dos frutos. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 24, n. 2, p. 217-222, 2004.
- SGARBIERI, V. C.; PACHECO, M. T. B. Revisão: alimentos funcionais fisiológicos. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 2, n. ½, p. 7-19, 1999.
- SHAMI, N. J. I. E.; MOREIRA, E. A. M. Licopeno como agente antioxidante. *Revista de Nutrição*, v. 17, n. 2, p. 227-236, 2004.
- SILVA, G. G. *et al.* Armazenamento de melão, híbrido Gold Mine e Duna, sob condições ambientais. *Caatinga*, Mossoró, v. 11, n. ½, p. 7-10, 1998.
- SILVA, L. M. *et al.* Quantification of bioactive compounds in pulps and by-products of tropical fruits from Brazil. *Food Chemistry*, v. 15, n. 143, p. 398-404, 2014.
- SILVA L. M. *et al.* Quercetin in tropical fruit pulps and their by-products: quantification and encapsulation using cashew gum. *Current Bioactive Compounds*, v. 14, n. 4, p. 373-80, 2018.
- USDA. National Nutrient Database for Standard. *Release 18*. 2007. Disponível em: <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/Data//SR20/reports/SR20fg09.pdf>. Acesso em: 13 maio 2008.
- VERHAGEN, H. *et al.* Cancer prevention of natural food constituents. *International Food Ingredients*, n. ½, p. 22-29, 1993.

2. FISILOGIA DOS FRUTOS E TRANSFORMAÇÕES BIOQUÍMICAS DURANTE O AMADURECIMENTO E ARMAZENAMENTO

2.1 Introdução

Os frutos são formados por células vegetais que continuam vivas após a colheita e liberam energia. Essa energia é proveniente das transformações de substâncias presentes nos tecidos vegetais. A velocidade com que essas transformações ocorrem está diretamente ligada à vida útil pós-colheita desses produtos. Além dessas transformações internas, os frutos estão sujeitos à influência de fatores externos que lhes provocam distúrbios fisiológicos característicos. Mesmo que sejam atendidas as melhores recomendações para conservação pós-colheita, a qualidade dos frutos diminui como resultado de suas atividades biológicas presentes nos processos de respiração e amadurecimento, ocasionando alterações na composição dos mesmos (HONÓRIO; MORETTI, 2002).

Os frutos sofrem ainda ação do ambiente durante o transporte e armazenamento, como injúrias mecânicas, ataques microbiológicos e as variações de temperatura e umidade relativa do ambiente onde se encontram, ocasionando perdas durante a cadeia de comercialização.

Marques e Souza (2019) afirmam que os fatores que mais influenciam nas perdas de frutas comercializadas em supermercados e feiras são manuseio inadequado, seleção e higienização deficientes, aclimação dos frutos, infraestrutura inadequada e danos fisiológicos.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os frutos são considerados produtos perecíveis porque apresentam atividade metabólica elevada, notadamente após a colheita, conduzindo aos processos de deterioração.

A manutenção de sua qualidade através de manuseio cuidadoso e da aplicação de tecnologias adequadas na cadeia de comercialização depende do conhecimento da estrutura, da fisiologia e das transformações metabólicas (aspectos físicos, físico-químicos, químicos e bioquímicos) que ocorrem no seu ciclo vital.

Portanto, há necessidade de entender os fatores biológicos e o ambiente, que contribuem para a rápida degradação dos diferentes tecidos vegetais, para que todo o esforço empregado no aumento da produção e da produtividade seja compensado, por meio da aplicação de técnicas para manutenção da qualidade dos frutos até o momento da utilização, seja para consumo in natura ou para industrialização.

2.2 Crescimento e desenvolvimento dos frutos

Frutos são órgãos originados do crescimento determinado das estruturas que formam as flores ou inflorescências (FINGER; VIEIRA, 2002). O crescimento dos frutos corresponde ao aumento irreversível do tamanho ou volume celular, acompanhado pela biossíntese de novos constituintes do protoplasma.

As diferentes fases do desenvolvimento dos frutos são caracterizadas por alterações na estrutura, fisiologia e bioquímica das células, que culminam com a maturação, senescência e, finalmente, morte dos tecidos (FINGER; VIEIRA, 2002). As variações nos fatores ambientais (luz, temperatura, precipitação pluviométrica, solo etc.) têm influência marcante na fase de desenvolvimento do produto no campo.

2.3 Etapas do ciclo vital dos frutos

O ciclo vital dos frutos inicia-se com a fertilização, que é seguida por etapas distintas: formação, crescimento, maturação e senescência (CHITARRA; CHITARRA, 2005) (Figura 1).

É fundamental o conhecimento dos seguintes termos inerentes à fase do desenvolvimento dos frutos, que são (CHITARRA; CHITARRA, 1990, 2005):

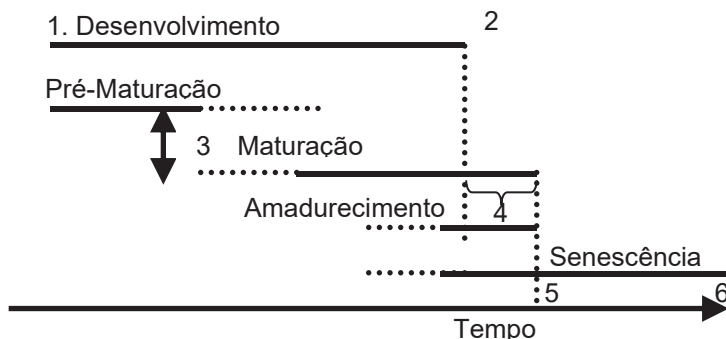
Pré-Maturação – Corresponde ao estágio de desenvolvimento que antecede a maturação e geralmente inclui a metade do período entre a floração e a colheita. É caracterizado pelo extensivo aumento do volume e termina quando o desenvolvimento do fruto é apenas aceitável, mas não ótimo para o consumo.

Maturação – Pode ser definida como a sequência de mudanças bioquímicas, fisiológicas e estruturais dos frutos, conduzindo a um estado que os torna comestíveis. Nessa etapa, o fruto atinge o crescimento completo. Grande parte deste processo ocorre com o fruto ainda não colhido.

Amadurecimento – Corresponde ao período final da maturação; esta fase é excluída do desenvolvimento, durante o qual o fruto apresenta-se completamente desenvolvido e com qualidade comestível. Portanto, nessa etapa, os frutos são transformados em produtos atraivos e aptos para o consumo humano.

Senescência – Período subsequente ao desenvolvimento do fruto, durante o qual o crescimento cessou e os processos bioquímicos de envelhecimento substituem as trocas químicas do amadurecimento.

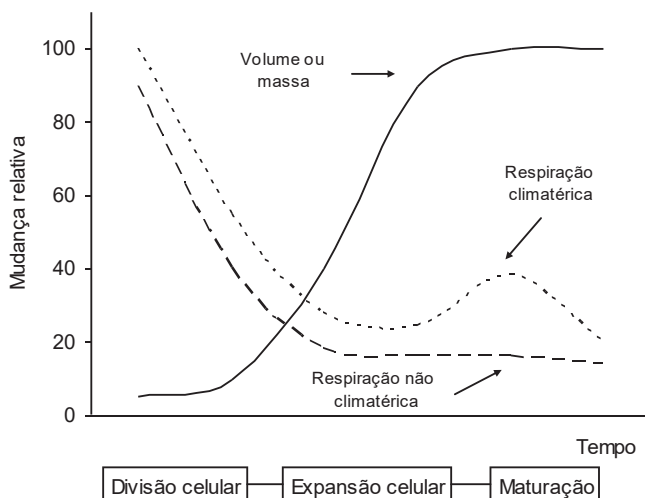
Figura 1 – Etapas do desenvolvimento fisiológico dos frutos. 1) Início da formação da polpa; 2) Término do crescimento do tamanho; 3) Início do período de consumo, mas ainda imaturo; 4) Período ótimo de consumo; 5) Predominância de reações degradativas e 6) Não utilizável para o consumo



Fonte: Chitarra e Chitarra (2005).

Na Figura 2 podemos verificar um esquema do padrão de crescimento e respiração durante o desenvolvimento de frutos carnosos.

Figura 2 – Padrão de crescimento e respiração durante o desenvolvimento de frutos



Fonte: Adaptado de Finger e Vieira (2002).

A maturidade desempenha um importante papel no modo como os frutos são manuseados, transportados e comercializados, bem como em seus períodos de armazenamento e qualidades sensoriais (SIGRIST; BLEINROTH; MORETTI, 2002). Portanto, dois conceitos devem ser levados em consideração para definir maturidade:

- Maturidade fisiológica – Ocorre quando o fruto, ao ser colhido, evolui naturalmente para a maturação que o torna adequado ao consumo humano, com suas características típicas de sabor, cor, textura, declínio na acidez e desaparecimento da adstringência, segundo cada tipo e variedade.
- Maturidade comercial – Está relacionada, principalmente, ao consumo final do fruto, ou seja, consumo in natura a curto prazo, conservação in natura ou conservação após processamento.

2.4 Transformações bioquímicas durante o amadurecimento e armazenamento dos frutos

O processo de amadurecimento dos frutos pode ocorrer antes e/ou depois da colheita, dependendo da espécie a que pertencem. Entretanto, em qualquer uma destas situações, inúmeras transformações na composição destes produtos estão se realizando, considerando-se, principalmente, a enorme variedade de compostos químicos que eles contêm. Desse grande número de alterações químicas nos frutos, as mais importantes são as de significância para o consumidor. Em frutas tropicais, estas últimas podem ser facilmente identificadas por serem as responsáveis pelas evidentes mudanças na coloração, textura, sabor e aroma destes produtos. As mudanças que ocorrem durante o amadurecimento e armazenamento dos frutos estão sendo mencionadas a seguir:

- **Textura:** A perda de textura das frutas é devido principalmente à degradação de substâncias pécicas.
- **Aroma e sabor:** São geralmente desenvolvidos pelas frutas quando ainda na planta. Os compostos voláteis compõem-se de ésteres, aldeídos, cetonas, óleos essenciais, entre outros. Concomitantemente ao desenvolvimento do aroma, há aumento na proporção de açúcares e diminuição em maior ou menor escala dos ácidos.
- **Coloração:** Nesta categoria algumas frutas podem trocar a cor da clorofila pela sua cor típica, mas há casos em que, mesmo maduras, as frutas permanecem verdes. Na fruta madura podem colorir a casca pigmentos carotenoides, antocianinas, antoxantinas, flavonas e outros.
- **Carboidratos:** Quantitativamente, a maioria das mudanças bioquímicas que ocorrem em frutas após a colheita envolve carboidratos. O amadurecimento e a perda de textura destes produtos são normalmente acompanhados pelo catabolismo dos polissacarídeos da parede celular, tais como:

Hidrólise do amido: A sua conversão em açúcares, pela hidrólise, é altamente desejável em termos de amadurecimento de frutas tropicais.

Solubilização das protopectinas: Uma das mais óbvias mudanças que se observa durante o amadurecimento das frutas é a redução da firmeza devido ao amolecimento causado pela progressiva solubilização das protopectinas (formas menos solúveis) em pectinas ou ácido péctico (formas mais solúveis).

- **Ácidos orgânicos:** A contribuição dos ácidos orgânicos para a qualidade dos frutos, em termos de sabor, deve-se, principalmente, ao balanço entre os seus conteúdos e os de açúcares. Para a maioria das frutas tropicais, o teor de ácidos orgânicos diminui após a colheita. A perda de acidez pode ser devido à menor capacidade de síntese de ácidos orgânicos em frutos maduros. Porém, a teoria mais aceita é a de que, durante o processo respiratório, o ciclo de Krebs é o responsável pela oxidação destes ácidos.
- **Pigmentos:** Dos três principais atributos de qualidade das frutas – cor, sabor e textura – a cor torna-se cada vez mais importante, à medida que elas são exportadas, expostas e comercializadas em supermercados. A aparência vistosa das frutas tropicais é o resultado da presença de pigmentos naturais nas células de seus tecidos. Dentre estes compostos coloridos, a clorofila, os carotenoides e as antocianinas são os mais importantes.

Clorofila: Para a maioria das frutas tropicais, o primeiro sinal de amadurecimento é a perda da coloração verde; para os frutos climatéricos, esta perda é relativamente rápida. O decréscimo no conteúdo de clorofila para os produtos hortícolas é lento e o processo bioquímico de sua degradação ainda não está bem definido. Ao que tudo indica, mudanças do pH, sistemas oxidantes e clorofilase influenciam o desaparecimento da coloração verde. Da mesma forma, o catabolismo da clorofila é marcadamente influenciado por parâmetros ambientais como luz, temperatura, umidade relativa e etileno.

2. Carotenoides: Em todos os frutos com carotenoides nos cromoplastos, observa-se uma rápida síntese deste pigmento durante o

amadurecimento, a qual é acompanhada pela perda simultânea de clorofila, à medida que os cloroplastos mudam para cromoplastos. Embora os carotenoides sejam muito estáveis e permaneçam intactos nos tecidos, mesmo quando tenha ocorrido a senescência, sua degradação pode ocorrer em condições adversas de armazenamento. Assim, baixas concentrações de oxigênio ou temperaturas muito altas podem inibir a síntese de carotenoides.

3. **Flavonoides (antocianinas):** As antocianinas são pigmentos responsáveis por uma variedade de cores atrativas e brilhantes de frutas, que variam do vermelho vivo ao violeta.

- **Compostos fenólicos:** Constituem os substratos para o escurecimento enzimático, isto é, a oxidação dos compostos fenólicos em o-quinonas mediados pela polifenoloxidase. Esses compostos também estão associados à adstringência das frutas tropicais.
- **Compostos voláteis:** São os responsáveis pelo aroma característico dos produtos hortifrutícolas. São, em grande parte, ésteres, álcoois, ácidos, aldeídos e cetonas, e estão presentes em pequenas quantidades nas frutas. Quanto maior for a temperatura de armazenamento, maior será a produção de compostos voláteis. Por outro lado, o armazenamento em atmosfera controlada diminui a produção de substâncias voláteis.

2.5 Respiração dos frutos

Todos os organismos vivos requerem energia. Sem ela, as reações bioquímicas relacionadas ao crescimento e desenvolvimento não ocorreriam. A série de reações bioquímicas que produz energia para as células é denominada de respiração.

Respiração é a decomposição oxidativa de substâncias mais complexas presentes nas células (amido, açúcares, ácidos orgânicos), em moléculas mais simples (CO_2 e H_2O), com concomitante produção de energia e outras moléculas, as quais podem ser utilizadas pela célula para reações de síntese.

2.5.1 Tipos de Respiração

Quanto ao comportamento da respiração durante o amadurecimento, os frutos podem ser classificados como climatéricos e não climatéricos (CHITARRA; CHITARRA, 2005):

Frutos climatéricos: São aqueles que apresentam, em determinada etapa do seu ciclo vital, um aumento rápido e acentuado na atividade respiratória, com amadurecimento imediato. Podem amadurecer na planta ou fora dela se colhidos maduros, ou seja, fisiologicamente desenvolvidos.

Frutos não climatéricos: Apresentam atividade respiratória relativamente baixa e constante, com ligeiro declínio após a colheita. Não são capazes de completar o processo de amadurecimento quando colhidos maduros, portanto devem permanecer na planta-mãe até o final da maturação. Esses frutos devem estar no estágio ótimo de amadurecimento comestível à época da colheita. Para que apresentem melhor qualidade, devem ser deixados na planta até atingirem a composição desejável.

A distinção em climatéricos e não climatéricos define importantes práticas de manejo pós-colheita. Assim, frutos climatéricos podem ser colhidos verde-maduros ou pré-climatéricos, permitindo o controle do início do amadurecimento e do climatério (fase do desenvolvimento do fruto em que as alterações da respiração estão associadas com as transformações físicas e químicas do amadurecimento). Tal prática favorece a extensão do período de transporte e armazenamento e reduz perdas pós-colheita por deterioração, sem que haja prejuízo no desenvolvimento do sabor e do aroma dos frutos. Entretanto, frutos não climatéricos requerem muitas vezes cuidados adicionais no manuseio e transporte, uma vez que eles devem ser colhidos quando apresentam as melhores características de firmeza (amaciamento), aroma e sabor para o consumo, dificultando a conservação (FINGER; VIEIRA, 2002).

No Quadro 1, é apresentada a classificação de alguns frutos tropicais quanto à presença ou ausência do climatério.

Quadro 1 – Classificação dos frutos de origem tropical quanto ao seu padrão respiratório durante o amadurecimento

Frutos climatéricos	Frutos não climatéricos
Abacate (<i>Persea americana</i>)	Abacaxi (<i>Ananás comosus</i>)
Banana (<i>Musa sp.</i>)	Caju (<i>Anacardium occidentale</i>)
Camu-camu (<i>Myrciaria dúbia</i>)	Carambola (<i>Averrhoa carambola</i>)
Caqui	Coco (<i>Cocos nucifera L.</i>)
Goiaba (<i>Psidium guajava</i>)	
Manga (<i>Mangifera indica</i>)	
Melão (<i>Cucumis melo</i>)	
Mamão (<i>Carica papaya</i>)	
Maracujá (<i>Passiflora eludis</i>)	
Melancia (<i>Citrullus lanatus</i>)	
Sapotí (<i>Casimoroa edulis</i>)	

Fonte: Elaborada pelos autores.

Cada espécie possui sua taxa respiratória própria e, mesmo dentro da mesma espécie, a atividade respiratória pode variar entre as cultivares de determinado fruto. Outros fatores também influenciam a respiração dos frutos, sendo esta aumentada pela relação área superficial/volume, pelo aumento da temperatura, aumento da concentração de oxigênio, acúmulo de etileno e danos mecânicos.

2.6 Transpiração

A transpiração excessiva pode comprometer seriamente a qualidade das frutas, quer na sua aparência, tornando-as enrugadas e com colorações opacas, quer na sua textura, fazendo com que elas se apresentem flácidas, moles, murchas ou com aspecto borrachento, como também a sua qualidade nutricional (KADER; BARRETT, 2004).

A perda de água tem efeitos marcantes sobre a fisiologia dos tecidos vegetais, antecipando a maturação e senescência de frutos tropicais. Outro aspecto importante da transpiração é a perda de peso do produto do ponto de vista de comercialização. Segundo estes autores, vários

fatores inerentes à fruta e ambientais afetam a transpiração dos frutos tais como: tamanho – quanto maior for a superfície exposta do produto, maior será a taxa de transpiração; superfície/volume – quanto maior for esta relação, maior será a perda de peso; estômatos e lenticelas – aberturas naturais por onde se dão as trocas gasosas, inclusive a saída de vapor de água; região de inserção do fruto ao pedúnculo – quando exposta ao ar facilita enormemente a perda de peso do produto; presença de cera natural – reduz a transpiração do produto; e pilosidade – embora aumente a área da superfície da fruta, retarda, consideravelmente, a perda de água.

Os principais fatores ambientais que alteram a taxa de transpiração dos frutos são a temperatura e a umidade relativa. Quanto menor a temperatura e maior a umidade relativa, menor será a transpiração do fruto. Outro fator ambiental que afeta a transpiração é o movimento de ar sobre a superfície do produto. Quanto mais rapidamente o ar se mover ao redor da fruta, maior será sua perda de peso, a menos que ele esteja saturado de umidade. A circulação de ar deve ser somente o suficiente para remover o calor vital do produto.

A transpiração é um processamento físico que pode ser facilmente reduzido, se forem adotadas práticas adequadas de manuseio pós-colheita de frutos tais como: manusear o produto de forma a se evitar danos mecânicos; minimizar a exposição dos frutos a grandes déficits de pressão e vapor; e minimizar o gradiente de pressão de vapor. Para se reduzir a perda de água, recomenda-se também a utilização de embalagem adequada e de coberturas sintéticas ou naturais sobre o produto (HONÓRIO; MORETTI, 2002).

REFERÊNCIAS

- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio*. Lavras: Esal, Fundação de Apoio ao Ensino, Pesquisa e Extensão, 1990. 293 p.
- CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

FINGER, F. L.; VIEIRA, G. Fisiologia pós-colheita de frutos tropicais e subtropicais. *In: ZAMBOLIM, L. (ed.). Manejo integrado: fruteiras tropicais-doenças e pragas.* Viçosa/MG: UFV, 2002. v. 1, p. 1-30.

HONÓRIO, S. L. MORETTI, C. L. Fisiologia pós-colheita de frutas e hortaliças. *In: HUI, C. K. P. et al. Resfriamento de frutas e hortaliças.* Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 59-81.

KADER, A. A.; BARRET, D. M. Classification, composition of fruits, and postharvest maintenance of quality. *In: BARRET, D. M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. (ed.). Processing fruits.* 2. ed. Boca Raton, Florida: CRC Press, 2004. p. 1-21.

KAYS, S. J. *Postharvest physiology of perishable plant products.* Athens: University of Georgia; New York: AVI Book, 1991. 356 p.

MARQUES, P. C. M. N.; SOUZA, R. C. F. *Caracterização de perdas na comercialização de frutas tropicais.* 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus Belém, 2019. 52 p.

SIGRIST, J. M. M.; BLEINROTH, E. W.; MORETTI, C. L. Manuseio pós-colheita de frutas e hortaliças. *In: HUI, C. K. P. et al. Resfriamento de frutas e hortaliças.* Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 83-94.

3. MANUSEIO DURANTE COLHEITA E PÓS-COLHEITA DE FRUTOS, TRANSPORTE E ARMAZENAMENTO

3.1 Introdução

A qualidade de um produto processado depende, além do processamento propriamente dito, da qualidade inicial da matéria-prima. As frutas, matérias-primas da indústria de processamento de polpas, sucos e doces, são fontes importantes de nutrientes essenciais à vida humana.

A qualidade inicial da matéria-prima é de fundamental importância para determinar se um produto pode ou não ser industrializado e depende de vários fatores que podem ocorrer nas etapas de pré-colheita. Variações genéticas de espécies e variedades, fatores climáticos (temperatura, luz, vento e chuva), condições de cultivo (solo, irrigação, adubação e controle fitossanitário), manuseio, acondicionamento e armazenamento são alguns desses fatores.

Perdas na qualidade de frutos frescos entre a colheita e o processamento podem ser quantitativas (perda de água, distúrbios fisiológicos e deterioração) ou qualitativas (perda da acidez, *flavor*, cor e valor nutritivo) (KADER; BARRET, 2004). Segundo estes autores, muitos fatores influenciam a qualidade dos frutos e a extensão das perdas pós-colheita, que podem ocorrer no campo, durante o transporte, e através do manuseio (classificação, resfriamento e armazenamento). O tempo decorrente entre a colheita e o processamento também pode ser um fator importante na manutenção da qualidade e frescor dos frutos.

O perfeito conhecimento das práticas mais recomendadas de colheita, manuseio, armazenamento e transporte concorrem não só para evitar os sintomas imediatos de deterioração dos frutos, mas igualmente para retardar o início desses sintomas nos canais de distribuição.

3.2 Colheita

As condições do fruto na época da colheita determinam seu comportamento subsequente e a sua qualidade final. Nesse contexto, certos cuidados, no momento da colheita, são necessários para que se obtenham frutos de boa qualidade. Para que a colheita desses frutos seja realizada de maneira adequada, os seguintes fatores devem ser observados: maturidade, métodos de colheita, qualidade dos frutos, contentores de colheita, proteção e embarque.

No momento da colheita, a maturidade desempenha um importante papel no modo como eles são manuseados, transportados e comercializados, bem como em seus períodos de armazenamento e qualidades sensoriais (SIGRIST; LEINROTH; MORETTI, 2002). Os índices mais utilizados para a determinação do ponto ideal de maturação dos frutos são os seguintes: dias decorridos da completa floração até a colheita; desenvolvimento da camada de abscisão; morfologia e estrutura da superfície do fruto; tamanho, forma e peso específico; textura, cor e estrutura; e composição: amido, açúcar, acidez, relação açúcar/ácido, conteúdo de suco e adstringência.

Os frutos, no seu estado de maturação ideal, devem ser colhidos e manuseados, utilizando-se métodos adequados a fim de minimizar os danos ocasionados nesta etapa do processo.

A colheita pode ser manual ou por meio de equipamentos adequados para que o fruto não sofra injúrias com o impacto do solo quando ele é derrubado da árvore. Isto evita, também, a contaminação do fruto com a areia e microrganismos presentes no solo. Deve-se evitar colher os frutos nas horas de forte insolação, pois o calor causa a perda de umidade do produto e eleva suas taxas respiratórias, aumentando a perecibilidade do fruto.

Os frutos devem ser coletados, geralmente, em contentores plásticos, uma vez que os contentores metálicos podem ocasionar o escurecimento da superfície do fruto devido a reações químicas. Os contentores utilizados na coleta e transporte dos frutos devem ser lavados após cada uso, a fim de garantir boas condições higiênicas nesta etapa do processo.

Os frutos devem ser selecionados durante a colheita, eliminando-se aqueles inadequados ao processamento. Assim, os frutos com qualidades inferiores ou danificados devem ser deixados no campo para sua completa deterioração. O fato de ser encontrado um fruto deteriorado num mesmo lote de produtos sadios pode vir a comprometer a qualidade de todos os demais frutos contidos no mesmo contentor. Deve ser observada, ainda, a colocação e a quantidade adequada de fruta em cada contentor, pois, se houver excesso, ocorrerá um intenso amassamento dos frutos por ocasião do empilhamento das caixas.

Após a colheita, as caixas deverão ser colocadas em local adequado e de fácil acesso, preferencialmente coberto para proteger do sol e da chuva. As caixas nunca deverão ser colocadas diretamente no solo. Deve-se utilizar um estrado ou, até mesmo, cobrir o chão com uma lona plástica.

3.3 Transporte

A maior parte dos produtos é transportada por rodovias e em caminhões muitas vezes não apropriados. Os principais problemas relacionados com a deterioração dos frutos durante o período de trânsito são devidos aos seguintes fatores: atrasos no período de transporte; não utilização de caminhões refrigerados; sobrecarga dos caminhões; não utilização de toda a área útil das carrocerias dos caminhões; transporte durante as horas mais quentes do dia; e uso de lonas escuras para proteção da carga (SIGRIST; LEINROTH; MORETTI, 2002).

O caminhão utilizado no transporte deve apresentar um bom estado de conservação mecânica, uma vez que as quebras podem acarretar sérios problemas, tanto para o fornecedor como para a indústria. O fator pontualidade é de fundamental importância para a qualidade da matéria-prima e para o operacional da indústria. O caminhão deverá ser inspecionado com relação às condições higiênicas e deverá estar limpo para não contaminar o fruto com materiais estranhos. As cargas deverão estar devidamente organizadas e deve-se observar a altura máxima da carga, a fim de permitir um manuseio seguro durante o descarregamento na linha de processamento. A amarração da carga deve ser feita

utilizando-se cantoneiras. Durante o carregamento e descarregamento não se deve pisar sobre as caixas.

3.4 Armazenamento

De modo geral, as frutas produzidas para a indústria alimentícia são processadas logo após a colheita. O período de tempo que transcorre entre a colheita e o processamento deve ser o mais curto possível. Consequentemente, qualquer atividade enzimática ou respiratória que se apresenta na matéria-prima, durante esse transcurso, tem somente influência reduzida sobre a qualidade e os valores nutritivos do produto processado. Em quase todas as indústrias, surgem, todavia, ocasiões em que se torna necessário armazenar as matérias-primas por períodos relativamente longos, antes do seu processamento. Esses atrasos podem ser causados por uma ou mais das seguintes circunstâncias:

- A necessidade de acumular suficiente matéria-prima para justificar um início de processamento;

- A necessidade de dispor de matéria-prima suficiente para as operações no período da manhã antes da entrada da safra do dia;

- A necessidade de acumular e transportar matérias-primas produzidas a grande distância da indústria;

- A necessidade de armazenar a matéria-prima durante os fins de semana e feriados;

- O acúmulo de matéria-prima durante os períodos de produção máxima na safra, quando a capacidade de processamento da indústria é excedida;

- As interrupções ou falhas nas operações da indústria devido a avarias imprevistas do equipamento ou falta de mão de obra;

- A necessidade de estender as operações de processamento, além do período normal de safra.

É importante ressaltar que os frutos colhidos são vegetais vivos e, portanto, continuam a exercer muitas funções de uma planta normal. Contudo, o produto não apresenta todas as atividades normais de uma planta. O processo de fotossíntese e o de nutrição pelo solo foram

interrompidos. A perda de água por transpiração e a interrupção química e física dos constituintes da planta por respiração e atividades enzimáticas indesejáveis tornaram-se as condições primordiais.

O armazenamento sob condições de baixas temperaturas é o método mais efetivo e prático para prolongar a vida útil de frutos. A refrigeração diminui a respiração e o metabolismo, com conseqüente diminuição na ação de muitas enzimas metabólicas responsáveis por mudanças indesejáveis durante o armazenamento (REINHARDT, 2000).

Apesar de a refrigeração ser uma técnica simples e a mais comumente utilizada para a conservação e transporte dos frutos, é necessário determinar a temperatura ótima para cada espécie, principalmente as tropicais, cujos frutos são sensíveis ao frio. Os sintomas de danos causados pelo frio dependem da temperatura, espécie e cultivar, do tempo de exposição, e do estágio de maturação.

REFERÊNCIAS

KADER, A. A.; BARRET, D. M. Classification, composition of fruits, and postharvest maintenance of quality. *In: BARRET, D. M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. (ed.). Processing fruits. 2nd ed.* Boca Raton/Florida: CRC Press, 2004. p. 1-21.

MAIA, G. A.; ALBUQUERQUE, C. A. N. Produção de sucos de frutas tropicais. *In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA – FRUTAL, 8., 2001, Fortaleza. Anais [...].* Fortaleza, 2001.

REINHARDT, D. H. R. C. Colheita e beneficiamento. *In: ABREU, C. M. P. et al. Abacaxi: pós-colheita.* Brasília: Embrapa, Comunicação para Transferência de Tecnologia), 2000. p. 28-45. (Frutas do Brasil, 5).

SIGRIST, J. M. M.; BLEINROTH, E. W.; MORETTI, C. L. Manuseio pós-colheita de frutas e hortaliças. *In: HUI, C. K. P. et al. Resfriamento de frutas e hortaliças.* Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 83-94.

4. PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS

4.1 Introdução

A tendência crescente para o consumo de frutas minimamente processadas vem sendo justificada, principalmente, pela busca do consumidor por produtos saudáveis com características como praticidade e higiene dos alimentos.

As frutas minimamente processadas são produtos que apresentam como características principais a manutenção dos requisitos sensoriais como sabor, textura típica dos frutos frescos, aliados à praticidade e à conveniência do consumo direto, sem a necessidade de descascamento ou corte, por exemplo.

A International Fresh-Cut Produce Association (em português, Associação Internacional dos Produtores de Minimamente Processados) (IFPA, 2008) os define como frutas ou hortaliças que são modificadas fisicamente, mas que mantêm o seu estado fresco. Assim, é um produto fresco, tornado conveniente, com qualidade e segurança.

Produtos minimamente processados são definidos como qualquer fruta ou hortaliça ou qualquer combinação delas que foi alterado fisicamente a partir de sua forma original, embora mantenha o seu estado fresco. Independente do produto, ele é selecionado, lavado, descascado e cortado num produto 100% aproveitável que, posteriormente, é embalado ou pré-embalado com o intuito de oferecer aos consumidores frescor, conveniência e qualidade nutricional (IFPA, 2008). Muitos sinônimos são usados para o termo minimamente processado (MP), incluindo fresh-cut, levemente processado, parcialmente processado, pré-cortados, pré-preparados, convenientes e produtos com valor agregado.

As frutas minimamente processadas têm sido demandadas principalmente por consumidores individuais devido à mudança de estilo de vida e às tendências associadas à saúde. Pode-se citar a potencialidade de algumas frutas prontas para o consumo, como o mamão cortado em cubos, a goiaba sem casca e sem sementes cortadas em bandas, a manga em fatias, o abacaxi em fatias e sem o cilindro central, a melancia em pedaços, o melão em cubos ou cilindros e os citros descascados ou em gomos.

As frutas minimamente processadas apresentam vida de prateleira mais curta, quando comparadas com as frutas em sua forma intacta, devido ao severo estresse físico a que são submetidas durante o descascamento e o corte, merecendo atenção em relação às etapas de embalagem e acondicionamento.

É importante ressaltar que, devido à exposição do produto à excessiva manipulação durante o processamento, em alguns casos a possibilidade de contaminação microbiológica é aumentada em relação aos frutos in natura.

A qualidade dos frutos para processamento mínimo deve ser a melhor possível. Frutos fora do estágio de maturação adequado ou parcialmente comprometidos por injúrias mecânicas ou microbiológicas não são desejáveis para o processamento mínimo, que não deve ser confundido com aproveitamento de frutas de qualidade duvidosa.

Embora as operações realizadas para obtenção de frutos minimamente processados sejam em grande parte simples, as desordens celulares provocadas pelo processamento podem comprometer as características desejadas de frescor e, conseqüentemente, a qualidade do produto final. Com isso é importante o acompanhamento rigoroso e total conhecimento das características de cada etapa de processamento.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), o processamento mínimo de frutas inclui todas as operações de limpeza, lavagem, seleção, descascamento, corte, embalagem e armazenamento, e também são conhecidos como parcialmente processados, processados frescos, cortados frescos ou pré-preparados.

4.2 Etapas do processamento mínimo de frutas

A produção de frutas minimamente processadas engloba, em geral, as seguintes operações descritas a seguir:

Colheita e transporte;

Resfriamento e armazenamento;

Pré-seleção dos frutos e lavagem para remoção das sujidades aderidas à matéria-prima;

Aplicação de um agente microbiano (fungicida, cloro, sanitizante, ar ou água quente);

Remoção das partes não comestíveis;

Corte;

Enxágue e eliminação do excesso de água;

Incorporação de aditivos para ajuste de pH, controle microbiológico, redução do processo oxidativo e manutenção da textura;

Embalagem e acondicionamento;

Transporte e comercialização.

COLHEITA E TRANSPORTE – Para o processamento mínimo, bem como para qualquer procedimento que envolva processamento de frutos, a colheita e o transporte são etapas importantes para assegurar a qualidade do produto final. A colheita deve ser realizada no ponto de maturação adequado, já que frutos excessivamente maduros apresentam perda de firmeza, comprometendo a qualidade sensorial do fruto minimamente processado. Deve-se evitar injúrias mecânicas e temperaturas elevadas durante a colheita, visando à qualidade do produto final.

RECEBIMENTO – Por ocasião do recebimento, os frutos devem passar por uma seleção em que serão observados fatores como grau de maturação e sanidade dos mesmos.

LAVAGEM E ENXÁGUE – A lavagem pode ser feita por imersão em água de boa qualidade e posterior lavagem com água clorada. Alguns frutos como o abacaxi podem ser lavados com uso de detergente neutro comum e água. Após lavagem, os frutos são imersos durante cinco

minutos em água a temperatura de 5 °C contendo 200 ppm de cloro para desinfecção e retirada de parte do calor de campo.

RESFRIAMENTO – Os frutos serão mantidos em câmara fria previamente higienizada com solução de 200 ppm de cloro, durante 12 horas, à temperatura de 10 °C.

DESCASCAMENTO E CORTE – Todo o processamento deve ser realizado em ambiente refrigerado à temperatura de 10 °C, com utensílios e equipamentos previamente higienizados, com água clorada a 200 ppm. Os operadores devem estar protegidos com luvas, aventais, gorros e máscaras, procurando proteger ao máximo o produto de prováveis contaminações. As frutas são, geralmente, descascadas e cortadas, sendo o tipo de corte dependente da espécie, podendo ser feito manualmente ou mecanizado. Por exemplo, no caso de abacaxis, pode ser feito um cilindro inteiro com a retirada ou não do cilindro central ou cortado em rodela; já as goiabas são cortadas em bandas e retiradas as sementes manualmente.

ENXÁGUE E ELIMINAÇÃO DO EXCESSO DE ÁGUA – Para minimizar a presença do suco celular extravasado, os pedaços devem ser enxaguados com aspersão de água clorada (20 ppm). Após o enxágue, os pedaços podem ser drenados por dois a três minutos para se eliminar o excesso de umidade, visando secar a superfície do material para aumentar sua vida útil. Para frutas, geralmente não se utiliza centrifugação para a remoção do excesso de água, devido à fragilidade da polpa das frutas e ao elevado teor de suco, o que pode ocasionar amassamento e retirada da água dos tecidos.

INCORPORAÇÃO DE ADITIVOS – Existem vários tipos de reações oxidativas. Essas reações causam escurecimento, descoloração de pigmentos endógenos, perda ou mudança do sabor ou odor dos produtos, mudanças na textura e perda nutricional devido à destruição de vitaminas A, C, D e E e de ácidos graxos essenciais. Para reduzir esses efeitos, na produção de minimamente processados, são utilizados aditivos para ajuste e manutenção do pH baixo dos frutos (geralmente, utiliza-se o ácido cítrico, que pode ser aplicado por meio de imersão em solução de ácido cítrico a 1%). Para a redução do processo oxidativo

podem ser utilizados ácido ascórbico e ácido cítrico, com concentrações variando de 1% a 5%. O uso do ácido ascórbico como um antioxidante, além de ser totalmente seguro para humano, pode aumentar o teor de vitamina C de certas frutas. É importante adicionar o ácido ascórbico o mais tarde possível durante o processamento ou preservação para manter os mais altos níveis durante a vida de prateleira do alimento. O tratamento com cálcio tem a função não só de retardar os processos de amadurecimento e senescência de frutos, como também visa à diminuição da perda de massa, devido à incorporação deste mineral à estrutura da parede celular, reduzindo a permeabilidade ao vapor de água e prolongando a vida de prateleira do produto. Baixas dosagens de cálcio estão sendo utilizadas para incorporação de cálcio (imersão de frutos em soluções de CaCl_2 de 0,5% a 1% por um minuto), com efeitos positivos na manutenção da textura.

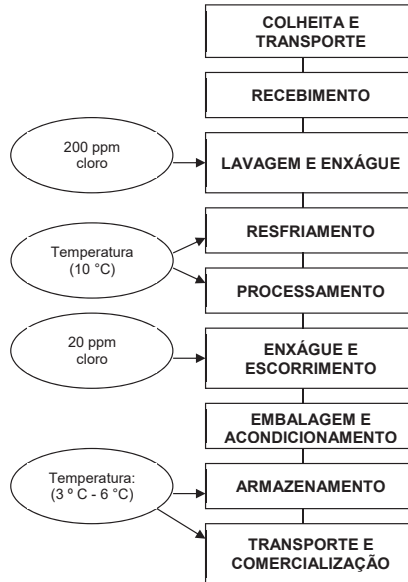
EMBALAGEM E ACONDICIONAMENTO – Podem ser utilizadas embalagens plásticas de polietileno tereftalato (PET) ou bandejas de poliestireno expandido (isopor) recobertas com filme de cloreto de polivinila (PVC) esticável. Os produtos devem ser armazenados em condições de refrigeração preferencialmente entre 3 °C e 6 °C. Esta temperatura deve ser mantida durante o transporte, o armazenamento e a comercialização.

TRANSPORTE/COMERCIALIZAÇÃO – Os produtos devem ser transportados e comercializados rapidamente na mesma temperatura do armazenamento (3 °C – 6 °C), evitando-se qualquer falha na cadeia do frio.

De acordo com o tipo de fruto a ser processado minimamente, algumas etapas podem se diferenciar das descritas acima. Portanto, deve-se avaliar sempre a necessidade da operação a ser realizada, visto que o produto deve se manter com as características de produto fresco.

De modo geral, apresenta-se o seguinte fluxograma de processamento mínimo de frutas (Figura 1).

Figura 1 – Etapas gerais do processamento mínimo de frutas



Fonte: Elaborada pelos autores.

4.3 Fatores que influenciam a qualidade de frutas minimamente processadas

As frutas minimamente processadas podem ter sua qualidade afetada por diversos fatores, como injúrias ao tecido celular, higiene e sanitização, temperaturas de processamento, armazenamento e distribuição, tipo de embalagem utilizada, composição da atmosfera gasosa de armazenamento, uso de agentes antioxidantes e crescimento microbiológico. A qualidade do produto final será resultado dos cuidados durante o processamento e a observação das mudanças bioquímicas no fruto.

Alguns métodos de preservação podem ser combinados para melhorar a conservação dos produtos minimamente processados e amenizar os efeitos causados pelas injúrias e reduzir a aceleração do

metabolismo, como armazenamento refrigerado, emprego de conservadores, redução no pH e na atividade da água, uso de radiação e armazenamento sob atmosfera controlada ou modificada.

O controle microbiológico pode ser conseguido com redução da contaminação inicial das frutas, higiene nas operações, limpeza do ambiente, higiene e sanidade dos empregados e higienização dos equipamentos, além de um eficiente programa de determinação dos pontos críticos e monitoramento dos perigos.

Para aumentar a vida útil das frutas, tanto frescas como minimamente processadas, empregam-se métodos e tratamentos que diminuam a intensidade da respiração aeróbica, diminuam a população microbiana, reduzam a perda de umidade pelos tecidos, minimizem os danos mecânicos, inibam ou retardem a ação das enzimas e as reações de descoloração e atrasem o amadurecimento e a senescência.

4.3.1 Injúrias ao tecido celular

Frutos minimamente processados são mais perecíveis do que quando intactos, devido ao severo estresse físico a que são submetidos durante o descascamento e o corte. Estes danos mecânicos levam ao aumento no metabolismo com consequente aumento na taxa respiratória e na taxa de produção de etileno (DURIGAN; SILVA; PINTO, 2002).

De acordo com Abeles, Morgan e Saltveit (1992), a ocorrência de injúrias em tecidos vegetais leva ao aumento na produção de etileno, com ocorrência na primeira hora após o processamento, atingindo nível máximo dentro de 6 a 12 horas. Watada, Abe e Yamuchi (1990) observaram que o fatiamento de bananas verdes conduziu à intensificação da síntese de etileno, verificando a existência de uma relação entre a espessura do corte e o nível de etileno sintetizado, sendo que fatias com espessura de 2 mm apresentaram síntese de etileno substancialmente mais elevada que fatias de 4 mm ou 6 mm. O etileno sintetizado em resposta às injúrias acelerou o amolecimento da polpa de bananas e kiwis MP (ABE; WATADA, 1991). Roos, Trevisol e Klein (2019) avaliaram a influência de dois tipos de corte em mamão minimamente processado

e destacaram que a utilização de cubos grandes influenciou negativamente na perda de massa do produto.

As respostas aos danos físicos diferem entre frutos climatéricos e não climatéricos. Verificou-se que o etileno sintetizado a partir de tecido lesionado não apresentou efeito sobre o amadurecimento de frutos não climatéricos, promovendo, no entanto, o amadurecimento dos climatéricos (BRECHT, 1995).

O aumento na taxa respiratória em tecidos vegetais lesionados parece ser uma consequência da elevação do etileno, que estimula a respiração. De acordo com Zagory (1998), o incremento na taxa respiratória possivelmente está relacionado ao aumento da área superficial exposta à atmosfera decorrente do corte, que permite a rápida difusão do oxigênio (O_2) para o interior das células, assim como ao aumento na atividade metabólica das células danificadas.

Watada, Abe e Yamuchi (1990) verificaram que a taxa respiratória de kiwis maduros, descascados e fatiados, foi duas vezes superior àquela constatada nos frutos inteiros; no entanto, não observaram efeito semelhante em bananas maduras.

Sarzi *et al.* (2000) verificaram que abacaxis “Pérola” descascados e cortados em fatias transversais apresentaram taxa respiratória superior àqueles somente descascados, com pico de respiração uma hora após o corte.

4.3.2 Higiene e Sanitização

A vida de prateleira do produto minimamente processado é dependente de vários aspectos, entre eles a atividade da microbiota contaminante e a condição morfológica e fisiológica do tecido vegetal. Várias estratégias e tratamentos têm sido avaliados para promover o aumento da vida de prateleira de produtos minimamente processados, tais como aqueles que resultam na eliminação de alguns microrganismos e na inibição ou no retardamento do crescimento de outros, principalmente, lavagem, sanificação, atmosferas modificadas, irradiações e uso de conservantes.

A sanidade e a vida útil dos produtos minimamente processados dependem de muitos fatores que incluem a qualidade da água e dos ingredientes, do seu histórico, da tecnologia de produção e da interação com microrganismos.

O descascamento e o fatiamento oferecem uma porta aos microrganismos, além de liberar nutrientes com o suco, os quais irão lhes favorecer o crescimento e a multiplicação, podendo levar até a deterioração. Embora a maioria dos contaminantes sejam microrganismos deteriorantes, alguns patogênicos podem chegar a esses produtos por meio de materiais orgânicos presentes no solo, na água de irrigação, nos materiais aderidos às embalagens e, principalmente, pelas mãos dos operadores, o que é agravado pelo grande manuseio destes produtos.

As fontes de contaminação microbiana dos produtos vegetais são diversas, iniciando-se na fase de produção, quando há contato com solo, água, microrganismos, insetos e manipuladores, continuando durante as etapas de colheita, manuseio e transporte e finalizando no preparo do produto pelo consumidor (VANETTI, 2000).

Na indústria, o manuseio impróprio, o uso de equipamentos mal sanitizados e algumas etapas do processamento mínimo, como o fatiamento, geralmente promovem o aumento da população de microrganismos, podendo comprometer a qualidade e a segurança final do produto (VANETTI, 2000).

A lavagem com água é a primeira operação a que as frutas são submetidas durante o processamento mínimo, quando são removidos resíduos de solo e fragmentos do vegetal (VANETTI, 2000). No entanto, esse procedimento tem efeito limitado sobre a microbiota (BRACKETT, 1992; NGUYEN-THE; CARLIN, 1994), podendo até facilitar a disseminação de contaminantes, caso a água utilizada para lavagem seja reciclada (BRACKETT, 1992) ou de má qualidade.

A sanitização é uma etapa de relevância no processamento mínimo, sendo que o cloro, nas suas várias formas, consiste no sanitizante mais utilizado em alimentos. Os compostos à base de cloro são germicidas de

amplo espectro de ação, que reagem com as proteínas da membrana das células microbianas, interferindo no transporte de nutrientes e promovendo a perda de componentes celulares (VANETTI, 2000).

A ampla utilização do hipoclorito de sódio (NaOCl) se dá em função de sua rápida ação, fácil aplicação e completa dissociação em água. O cloro, na forma de hipoclorito, é utilizado na limpeza e sanitização de produtos frescos e equipamentos, assim como na sanitização da própria planta de processamento (PARK; RUA JÚNIOR; ACKER, 1991). O NaOCl, em água, origina hidróxido de sódio (NaOH) e ácido hipocloroso (HOCl). A eficiência germicida do cloro depende da sua concentração na forma ativa (ácido hipocloroso) presente na solução sanitizante. Este, por sua vez, se dissocia em H^+ e íon hipoclorito (OCl^-):



Tanto o HOCl quanto o OCl^- apresentam atividade germicida, sendo considerados como Cl livre (ativo). No entanto, a atividade germicida do ácido é consideravelmente maior que a do íon, sendo de vinte a trezentas vezes mais letal aos microrganismos. A eficiência da atividade germicida é dependente de alguns fatores, tais como: concentração, temperatura e pH da solução, tempo de exposição e tipos de microrganismos presentes (SUSLOW, 1997).

A relação entre a concentração do ácido hipocloroso e a do íon é controlada principalmente pelo pH da solução. A faixa de pH mais apropriada compreende valores entre 6,0 e 7,5, com concentrações de ácido hipocloroso variando de 98 a 83%, respectivamente, sob temperatura de 0 °C (ZAGORY; HURST, 1996).

A utilização de hipoclorito, tanto de sódio quanto de cálcio, promove o aumento do pH da solução a valores superiores a 7,5, o que reduz sua atividade germicida. A elevação do pH é decorrente do acúmulo de íons hidróxido, uma vez que os íons de hipoclorito (OCl^-) combinam-se com os hidrogênios (H^+), formando o ácido hipocloroso, enquanto

que as hidroxilas são acumuladas, promovendo o aumento do pH da solução. A adição de alguns compostos à solução, como os ácidos cítrico e clorídrico, visa à neutralização da alcalinidade e à manutenção dos valores apropriados de pH (SUSLOW, 1997).

A temperatura exerce grande influência na atividade germicida, uma vez que a máxima solubilidade do cloro livre é atingida em água sob temperatura de 3 °C (ZAGORY; HURST, 1996).

Soluções de cloro 50 ppm – 200 ppm são amplamente utilizadas na sanitização de frutas e hortaliças frescas, bem como de produtos vegetais minimamente processados. Concentrações mais elevadas de cloro parecem ser a causa da descoloração observada em alguns produtos, além de promover o aumento da corrosão de equipamentos e formar cloraminas voláteis, que representam risco à saúde dos trabalhadores (HURST, 1995).

A busca por tratamentos alternativos, seja devido às possíveis restrições quanto à utilização do cloro, seja pela crescente demanda por produtos livres de aditivos químicos, têm conduzido à avaliação de diversos agentes antimicrobianos, dentre os quais se podem destacar os seguintes: dióxido de cloro, bissulfito de sódio, dióxido de enxofre, cloreto de cálcio, ozônio (BRECHT, 1995; IZUMI, 1999), peróxido de hidrogênio (SAPERS; SIMMONS, 1998). Podem ser utilizados ácidos orgânicos de cadeia curta como sanitizantes de frutas. Vinagre de álcool, vinagre de maçã, vinagre de vinho branco e vinagre de vinho tinto alcançaram, no mínimo, 50% de eficácia na sanitização (NEUMMAN; ROSA, 2018).

4.3.3 Temperatura

Os frutos minimamente processados devem ser armazenados sob refrigeração para que a velocidade das reações metabólicas do produto e dos microrganismos seja reduzida, evitando-se a ocorrência de aumento na umidade livre devido à condensação e mantendo-se baixos níveis de oxigênio (O₂) e elevados de dióxido de carbono (CO₂). A utilização de baixas temperaturas durante todas as fases do processamento e consumo

visa à manutenção da qualidade do produto. Em produtos embalados, a necessidade de refrigeração é maior, porque a alta umidade relativa no interior das embalagens favorece a proliferação de fungos e bactérias, que causam apodrecimentos. Vale ressaltar que, durante a comercialização, o produto deve ser mantido sob temperatura menor que 10 °C, preferencialmente 2 °C – 6 °C.

A redução da temperatura constitui técnica amplamente utilizada e de grande importância na minimização dos efeitos causados pelos danos físicos em vegetais minimamente processados. As reações metabólicas são reduzidas cerca de duas a três vezes a cada 10 °C reduzidos na temperatura. O aumento na taxa respiratória e na síntese de etileno, assim como outras reações associadas aos tecidos que sofreram algum tipo de injúria física, são minimizados quando o produto é processado sob baixa temperatura. O enxágue em água fria, após o processo, pode ser benéfico por promover o abaixamento e auxiliar na manutenção da temperatura, sendo que os melhores resultados são obtidos quando a temperatura da água de enxágue encontra-se entre 0 °C e 5 °C (BRECHT, 1995).

A temperatura ótima para conservação de frutos varia em função do período de armazenamento e do produto, uma vez que as espécies vegetais, e mesmo as cultivares, diferem quanto à sensibilidade às baixas temperaturas. De acordo com Watada e Qi (1999), cerca de 40% dos produtos comercializados frescos são sensíveis à ocorrência de injúrias causadas pelo frio; no entanto, em se tratando de frutos e hortaliças minimamente processados, a conservação dos mesmos sob baixas temperaturas é preferível àquelas temperaturas que conduzem à rápida deterioração do produto.

De acordo com O'Connor-Shaw *et al.* (1994), a utilização das temperaturas recomendadas para o armazenamento de frutos inteiros não apresentou benefícios na conservação dos frutos quando submetidos ao processamento mínimo. Os mesmos autores obtiveram os períodos de conservação de 2, 4, 11 e 14 dias, para kiwi e papaia, melão “Cantaloupe”, abacaxi e melão “Honeydew”, respectivamente, quando minimamente processados e acondicionados a 4 °C.

Para uma boa conservação, os produtos minimamente processados devem ser mantidos sob temperatura adequada em todas as etapas até o consumo final.

4.3.4 Atmosfera Controlada

A atmosfera controlada (AC) consiste num processo bifásico que envolve a alteração intencional e a manutenção precisa da atmosfera ao redor do produto vegetal (IFPA, 2008).

A redução dos níveis de oxigênio (O_2) e o aumento dos níveis de dióxido de carbono (CO_2) podem retardar o amadurecimento dos frutos, reduzir a taxa de respiração e de produção de etileno e desacelerar várias alterações metabólicas. Níveis de O_2 inferiores a 1% e de CO_2 superiores a 10% suprimem significativamente o crescimento fúngico (ZAGORY, 1999). De acordo com Farber (1991), as alterações metabólicas causadas pelo CO_2 conduzem a célula ao estresse, resultando na redução da taxa de crescimento microbiano.

Qi, Wu e Watada (1999) observaram que a perda de qualidade em melões “Honeydew” minimamente processados, mantidos sob condições de 2,0:10,0 e 4,0:10,0 (O_2 : CO_2 %), foi concomitante ao aumento na taxa respiratória, verificado a partir do 3º e do 5º dia, para frutos minimamente processados mantidos a 10 °C e 5 °C, respectivamente. De acordo com os autores, as composições gasosas utilizadas foram benéficas na manutenção da qualidade e no controle do crescimento microbiano; no entanto, o controle da temperatura é imprescindível para que não ocorra respiração anaeróbia.

O condicionamento de abacaxis in natura sob AC de 3% – 5% O_2 e 5% – 8% CO_2 proporciona a redução da taxa respiratória e o prolongamento da vida útil, sendo que a exposição aos níveis inferiores a 2% O_2 e superiores a 10% CO_2 parece favorecer o desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis (KADER, 2003). Limites de CO_2 relativamente mais amplos (1% – 20% CO_2 e 2% – 5% O_2) foram estabelecidos por O’Connor-Shaw *et al.* (1994) para o condicionamento de abacaxi in natura. Há, no entanto, pouca informação disponível sobre

as condições de atmosfera controlada ideais para o acondicionamento de frutos minimamente processados.

Os baixos níveis de O_2 utilizados durante o acondicionamento a 5 °C de abacaxi “Champaka” minimamente processado conduziram à retenção da coloração amarela, ao passo que as elevadas concentrações de CO_2 reduziram o escurecimento da polpa (MARRERO; KADER, 2001). De acordo com os mesmos autores, o acondicionamento do abacaxi MP sob condições de 2% O_2 + 10% CO_2 proporcionou vida útil de duas semanas.

4.3.5 Atmosfera Modificada

A atmosfera modificada (AM), assim como a atmosfera controlada, consiste na adição ou remoção dos gases que compõem a atmosfera normal do ar, dispensando, no entanto, o elevado grau de controle existente no acondicionamento sob atmosfera controlada. A atmosfera modificada pode ser passiva ou ativa. É passiva quando resultante da respiração do produto no interior da embalagem; e ativa quando realizado o ajuste ideal, ou pelo menos adequado, da atmosfera na embalagem. Tal ajuste pode ser feito através de vácuo e substituição imediata pela mistura gasosa desejável (BRACKMANN; CHITARRA, 1998).

Pode-se considerar que todas as frutas e hortaliças minimamente processadas são armazenadas sob AM, uma vez que o simples fato de acondicionar o produto vegetal minimamente processado em um filme plástico polimérico ou em uma bandeja rígida coberta por um filme plástico criará uma atmosfera modificada passivamente. No entanto, o conhecimento da taxa respiratória de um produto vegetal MP a uma dada temperatura, assim como sua atmosfera ótima de acondicionamento, são fatores imprescindíveis na determinação do melhor sistema de AM para aquele produto.

O propósito da AM é conseguir um balanço entre as diversas variáveis (taxa respiratória; temperatura; permeabilidade; área superficial e espessura do filme; massa de produto), de forma que a atmosfera da embalagem atinja rapidamente um equilíbrio das concentrações

adequadas de O₂ e CO₂. Este equilíbrio ocorre quando a respiração do produto consome O₂ à mesma razão que o filme permite a entrada deste gás, e produz CO₂ à mesma razão que permite a saída do CO₂ da embalagem. Frutas e hortaliças variam grandemente quanto à sensibilidade e tolerância às baixas concentrações de O₂ e elevadas de CO₂, de forma que se torna imprescindível a definição prévia das condições ótimas para o produto antes que se proceda à seleção do filme para embalagem (ZAGORY, 1998).

O acondicionamento sob AM, combinado com baixas temperaturas, retarda a deterioração de frutas e hortaliças através da atenuação do processo natural que conduz o tecido à senescência e à morte.

Carbonari *et al.* (2000), avaliando o efeito de três diferentes embalagens (filme de PVC 12µm, filme à base de náilon e polietileno com vácuo parcial de 20 pol Hg, e embalagem de polietileno tereftalato – PET) para abacaxis “Smooth Cayenne” cortados em fatias de 1,5 cm com e sem cilindro central, verificaram, por meio da análise sensorial, que o produto mais aceito foi o abacaxi sem cilindro central na embalagem PET, e o menos aceito foi o sem cilindro central em embalagem a vácuo. A vida útil do abacaxi, com e sem cilindro central, na embalagem PET, foi de onze dias, ao passo que o filme de PVC proporcionou durabilidade de quatro dias e a embalagem a vácuo de sete e onze dias, para fatias sem e com cilindro central, respectivamente.

4.3.6 Inibidores do Escurecimento Enzimático

O rompimento celular, produzido durante as operações de preparo, permite que as enzimas reajam com os substratos e que se acelerem as mudanças na qualidade. Além disso, os cortes e danos permitem também a contaminação dos produtos e perdas de umidade. Estas modificações são devidas à desorganização celular promovida pelos cortes, o que aumenta a atividade enzimática e resulta no aparecimento de reações indesejáveis.

O corte dos tecidos aumenta a atividade enzimática, resultando em rápida perda de ácido ascórbico pelos produtos minimamente processados e que este ácido pode ter sido oxidado por uma série de

mecanismos químicos e bioquímicos, que são responsáveis pela perda de sua atividade vitamínica e pela formação de pigmentos escuros. A mudança de coloração tem sido um dos maiores problemas na preservação dos produtos e a perda de firmeza é decorrente de modificações na estrutura e na composição da parede celular pela ação de enzimas.

O escurecimento ocorre na superfície cortada de frutas e hortaliças como resultado da descompartimentalização celular, o que permite o contato entre o substrato e as oxidases (ROLLE; CHISM, 1987; DAMODARAN; PARKIN, 2019). As principais enzimas responsáveis pelo escurecimento do tecido de frutos são a polifenoloxidase e a peroxidase.

A polifenoloxidase, na presença de oxigênio atmosférico, promove a hidroxilação de compostos monofenólicos a o-difenóis que, posteriormente, são oxidados a o-quinonas. As quinonas condensam-se e reagem não enzimaticamente com outros compostos como os fenólicos, aminoácidos e proteínas, produzindo pigmentos de coloração escura e estrutura indeterminada.

A peroxidase é uma enzima que catalisa a oxidação de um grande número de compostos fenólicos e aminas aromáticas a quinonas, utilizando peróxido de hidrogênio como acceptor de elétrons e causando mudanças indesejáveis no sabor, aroma, textura e coloração do fruto (CLEMENTE; PASTORE, 1998).

A utilização de inibidores do escurecimento em produtos hortícolas minimamente processados é restrita aos compostos que não ofereçam riscos de toxidez e não interfiram negativamente no aroma e sabor característicos dos produtos (SAPERS, 1993). Dentre os compostos amplamente utilizados no controle do escurecimento destaca-se o ácido ascórbico, por promover a redução do pH e exercer função de agente redutor, além de seu baixo custo e de ser seguro para o consumo humano. O ácido ascórbico, no entanto, é consumido na reação, promovendo, dessa forma, uma proteção temporária contra o escurecimento. A completa oxidação do ácido ascórbico, a dehidroascórbico, possibilita o acúmulo de quinonas, podendo produzir pigmentos de coloração escura (SAPERS, 1993; LAURILA; KERVIVEN; AHVENAINEN, 1998).

Filmes comestíveis também podem ser utilizados visando evitar o escurecimento enzimático dessas frutas (OLIVEIRA, 2019), como realizado por Alves (2019), que avaliou diferentes tratamentos de revestimentos comestíveis e sua interação com melão minimamente processado.

4.3.7 Crescimento Microbiológico

Frutas e hortaliças são reconhecidas como fontes potenciais de microrganismos relevantes em saúde pública. O processamento mínimo pode favorecer a contaminação dos alimentos por microrganismos deterioradores e patogênicos, em razão do intenso manuseio e do aumento de injúrias no tecido vegetal, que diminuem a qualidade e a vida útil do produto (WILEY, 1994). A microbiota de frutas e hortaliças MP é especialmente importante, uma vez que estes produtos promovem a alteração do microambiente através da própria atividade metabólica (BRACKETT, 1987).

A Instrução Normativa nº 60 (BRASIL, 2019) estabelece para frutas preparadas (inteiras, descascadas ou fracionadas), sanificadas e refrigeradas a ausência de *Salmonella* em 25 g e contagem máxima de *E. coli* de $10^2/g$.

Embora o crescimento de microrganismos patogênicos e deterioradores possa ser inibido ou retardado através da combinação adequada de temperatura e atmosfera modificada, existe a necessidade de pesquisas que avaliem o risco potencial destes produtos veicularem patógenos, principalmente os psicrófilos, que são os mais relevantes para a segurança alimentar de frutas e hortaliças MP. Neste caso, a refrigeração não consiste num fator de restrição à multiplicação dos patógenos, e o prolongamento da vida útil permite que as bactérias atinjam número suficiente para provocar infecção alimentar (CHERRY, 1999; ZAGORY, 1999). Dentre os patógenos psicrófilos destacam-se: *Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica* e *Aeromonas hydrophila*, que apresentam capacidade de crescimento em alguns produtos vegetais minimamente processados mantidos sob refrigeração (CHERRY, 1999). De acordo

com Brackett (1987), o crescimento de *L. monocytogenes* é intensificado sob condições de elevadas concentrações de CO₂.

O crescimento microbiano parece não ter contribuído significativamente na deterioração de kiwis, papaias e abacaxis minimamente processados armazenados a 4 °C, no entanto foi relevante em melões minimamente processados. Foram constatadas colônias microbianas sobre cada um destes frutos, quando mantidos sob as temperaturas recomendadas para acondicionamento dos respectivos frutos inteiros (O'CONNOR-SHAW *et al.*, 1994).

Substâncias antimicrobianas naturais podem ser aplicadas diretamente nas frutas minimamente processadas ou adicionadas em revestimentos ou filmes, influenciando diretamente na qualidade microbiológica desses produtos.

Chevalier *et al.* (2016) aplicaram revestimento de quitosana, adicionado de óleo essencial de cravo em melão minimamente processado, mantendo a qualidade microbiológica do produto por mais tempo.

4.3.8 Embalagem

O acondicionamento dos produtos minimamente processados em embalagens, geralmente plásticas, produz uma interação do produto com o interior da embalagem e desta com o ambiente, como resultado do metabolismo do fruto minimamente processado, cuja respiração aumenta os teores de CO₂ e reduz os de O₂. Esta situação leva à redução no metabolismo celular, tanto do produto como dos microrganismos presentes, e para tal deve-se estabelecer as condições ideais para a conservação dos diferentes produtos.

A embalagem, além de ser um requisito essencial para a manutenção da qualidade durante o armazenamento, conduz a modificação na atmosfera, o que retarda a respiração, o amadurecimento, a senescência, a perda de clorofila, a perda de umidade, o escurecimento enzimático e, conseqüentemente, os prejuízos na qualidade devidos ao processamento. Atmosferas com 3% – 8% de O₂ e de 3% – 10% de CO₂ têm potencial para aumentar a vida útil dos produtos minimamente processados. A

falta de O₂ ou o excesso de CO₂ pode provocar a indução de respiração anaeróbica, levando à produção de etanol, aldeídos, cetonas e ácidos orgânicos, que prejudicam o odor e o sabor e podem ser tóxicos aos tecidos do produto manifestado por manchas escuras.

4.4 Processos produtivos de algumas frutas minimamente processadas

4.4.1 Processamento mínimo de goiaba

A vida de prateleira de goiabas frescas de corte é limitada pela ocorrência de amolecimento, descoloração e crescimento microbiano. No entanto, goiabas frescas cortadas e submetidas a um processamento mínimo adequado podem apresentar aumento de sua estabilidade, com qualidade aceitável. As goiabas devem ser escolhidas no estágio de maturação “de vez”, correspondente à coloração verde-mate, que é considerado excelente para a comercialização e “ótimo para o consumo”. Depois de cuidadosamente colhidos e acondicionados em caixas, previamente protegidos com papel, folhas ou plástico de bolhas, os frutos devem ser transportados rápida e cuidadosamente ao *packing house*, onde deverão ser submetidos a uma nova seleção, visando dar um máximo de uniformidade ao lote. Os frutos devem ser mantidos em ambiente a ± 22 °C, por dois dias, com a finalidade de proporcionar a evolução da coloração interna dos mesmos e abrandar-lhes a superfície, facilitando, assim, o descasque. A seguir, elas deverão ser lavadas com água fria e imersas em solução de hipoclorito de sódio a 150 ppm (75 ml de água sanitária em 10 L de água), por cinco minutos, para desinfecção superficial. Os frutos deverão permanecer no local, previamente higienizado, onde serão realizadas as operações de processamento, sob temperatura em torno de 12 °C, por uma noite, a fim de diminuir o metabolismo dos mesmos. Pessoas treinadas, utilizando proteção adequada e equipamentos desinfectados, deverão descascar os frutos, cortá-los longitudinalmente ao meio e eliminar a polpa com as sementes, no ambiente a 12 °C. O rendimento em polpa dura (“casquinha”) geralmente é em torno de 53%.

As metades ou “casquinhas” devem ser enxaguadas com água clorada (20 ppm) e o escorrimento do excesso de água, em peneiras plásticas, por dois minutos. De imediato, essas metades deverão ser embaladas, acondicionando-as em contentor plástico. Dentre as possibilidades, sugerem-se os de tereftalato de polietileno (PET) transparentes, com tampa. Essas unidades devem ser armazenadas, transportadas e comercializadas a 3 °C em um período máximo de dez dias, conforme determinado em trabalhos preliminares de Mattiuz *et al.* (2000).

4.4.2 Processamento mínimo de manga

As mangas devem ser colhidas “de vez”, apresentando ombros cheios, casca lisa, com brilho e cor verde-amarelada. A colheita deve ser feita utilizando frutos uniformes em tamanho, coloração e formato, sem defeitos. Imediatamente após a colheita, os frutos devem ser transportados ao local do processamento, onde deverão ser imersos em tanque com água e detergente neutro (20 ml/10 L) durante três a cinco minutos, devem ser limpos com esponja e enxaguados abundantemente com água limpa. Depois da lavagem inicial, os frutos devem ser imersos em solução com hipoclorito de sódio (200 mg/l) por três a cinco minutos, para reduzir a carga microbiana, e deixados escorrer por três minutos, sob condições de ambiente, para eliminar os possíveis contaminantes microbiológicos. Os frutos devem ser resfriados para reduzir a temperatura para 10 °C, que é a temperatura ideal para o processamento. Assim, devem ser mantidos por 12 horas em câmara fria, a 10 °C, previamente lavada e higienizada com solução de hipoclorito de sódio a 200 mg/l. O processamento deve ser feito a 10 °C para minimizar as alterações fisiológicas que ocorrem causadas por esse procedimento. As mangas são descascadas e a polpa cortada em cubos, com 2 cm a 3 cm de aresta, ou fatias com 5 mm a 10 mm de espessura e aproximadamente 20 g. Os pedaços de manga, antes de serem embalados, devem ser enxaguados com solução de hipoclorito de sódio a 5 mg/l, para eliminar o suco celular extravasado, e escorridos por dois a três minutos. A imersão da polpa em soluções contendo cloro tem como objetivo eliminar possíveis contaminantes microbiológicos, porém exige

cuidados, porque soluções concentradas acima de 20 mg.L^{-1} podem deixar resíduos e modificar o sabor dos produtos. Após a imersão, os pedaços de manga são drenados por cinco minutos para a retirada do excesso de líquido acumulado. Em seguida, são acondicionados em embalagens de polipropileno (PP) e estas seladas com filme flexível de polietileno + polipropilenos 60 mm de espessura, podendo ser feita injeção de gases: 5% O_2 + 5% CO_2 , utilizando-se de seladora de bandejas. O produto é armazenado em câmara fria a $5 + 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ e umidade relativa (UR) $85 + 5\%$ por 12 dias. As mangas minimamente processadas devem ser armazenadas, transportadas e comercializadas em ambiente refrigerado por até nove dias a $3 \text{ }^\circ\text{C}$. As mangas minimamente processadas, submetidas a atmosfera modificada ativa (5% O_2 + 5% CO_2) e armazenadas por até 12 dias a $5 \text{ }^\circ\text{C}$ são consideradas seguras e de boa aceitação, desde que obedecidas as boas práticas de fabricação (ALVES *et al.*, 2002).

4.4.3 Processamento mínimo de abacaxi

Abacaxis devem ser selecionados com grau de maturação 4, sendo descartados os frutos impróprios para o processamento, ou seja, não maduros, machucados ou no estágio de senescência. Os frutos são lavados inicialmente com água potável para retirada de areia e outros materiais e, em seguida, imediatamente imersos em tanques contendo água clorada com 200 ppm de cloro, por dois minutos, para desinfecção da casca. Os abacaxis, em ambiente a $12 \text{ }^\circ\text{C}$, são descascados e cortados mecanicamente nas formas de fatia, com espessura de 1cm, sendo retirado manualmente o cilindro central, colocados em monoblocos perfurados, previamente higienizados e imersos em um tanque contendo água clorada com 20 ppm de cloro ativo a uma temperatura de $10 \text{ }^\circ\text{C}$ por 15 segundos. Em seguida, são deixados em repouso para drenagem da água em excesso, acondicionados em embalagens de polipropileno e armazenados à temperatura de $4 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$, 99% UR. Estudos realizados por Silva *et al.* (2005) indicaram que esse produto pode ser armazenado nestas condições por um período de até oito dias, mantendo satisfatórias suas características sensoriais e microbiológicas.

4.4.4 Processamento mínimo de melão

O processamento de melões cantaloupe deve ser feito em temperatura de 10 ± 2 °C, sob condições higiênicas, com todos os balcões, utensílios e contentores plásticos lavados cuidadosamente e desinfetados com hipoclorito de sódio a 200 ppm, e os operadores devidamente protegidos com luvas, gorros, máscaras e jalecos. O ponto de consumo varia entre os tipos de melão, mas normalmente pode ser representado por um máximo de 1/3 de cor esverdeada, formação da camada de abscisão do pedúnculo e teor de sólidos solúveis totais (SST) $\geq 10,0$ °Bx. Os melões com grau de maturação adequado são lavados com detergente neutro com escova, enxaguados, imersos em água clorada contendo 200 ppm de cloro ativo, por dois minutos, e mantidos em câmara a 10 °C por 12 horas, a fim de estabilizar a temperatura interna, para então serem descascados e cortados na forma de cubos com dimensão de 3 cm de lado, com auxílio de facas em aço inox ou máquina de corte. Nos melões, retiram-se inicialmente as extremidades em forma de disco de 2 cm a 3 cm e, em seguida, faz-se um corte transversal dividindo o fruto em partes iguais. As sementes são removidas com uma espátula de ponta arredondada, e a casca é retirada, evitando cortes superficiais. A polpa do melão é, então, cortada em cubos uniformes de 2 cm a 3 cm de aresta, que devem ser imersos em água contendo 20 ppm de cloro ativo (pH 7,0) por 30 segundos, drenados por dois minutos, acondicionados em embalagens flexíveis PET, armazenados a $4 \text{ °C} \pm 1 \text{ °C}$. Segundo Oliveira *et al.* (2007), esses produtos têm uma vida de prateleira de até 15 dias.

REFERÊNCIAS

- ABE, K.; WATADA, A. E. Ethylene absorbent to maintain quality of lightly processed fruits and vegetables. *Journal of Food Science*, v. 56, p. 1493-1496, 1991.
- ABELES, F. B.; MORGAN, P. W.; SALTVEIT, M. E. *Ethylene in plant biology*. 2nd ed. San Diego: Academic Press, 1992.

ALVES, A. M. A. *Conservação de melão “cantaloupe” minimamente processado com diferentes recobrimentos*. 2019. 62 f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal/PB. Disponível em: <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/3533>. Acesso em: 13 abr. 2019.

ALVES, R. E. *et al.* Tecnologia de processamento mínimo de manga e melão. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2002, Brasília. *Anais [...]*. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2002. 1 CD-ROM.

BRACKMANN, A.; CHITARRA, A. B. Atmosfera controlada e atmosfera modificada. In: BOREM, F. M. (coord.). *Armazenamento e processamento de produtos agrícolas*. Lavras: UFLA/SBEA, 1998. p. 133-169.

BRECHT, J. K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. *Hort Science*, Alexandria, v. 30, n. 1, p. 18-22, 1995.

BRECHT, J. K. *et al.* Hypochlorite inhibition of enzymic browning of cut vegetables and fruit. *Acta Horticulturae*, Wageningen, n. 343, p. 341-344, 1993.

BRACKETT, R. E. Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal of Food Quality*, Trumbull, v. 10, n. 3, p. 195-206, 1987.

BRACKETT, R. E. Shelf stability and safety of fresh produce as influenced by sanitation and disinfection. *Journal of Food Protection*, Des Moines, v. 55, n. 10, p. 808-814, 1992.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 dez. 2019. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>. Acesso em: 5 ago. 2021.

CHERRY, J. P. Improving the safety of fresh produce with antimicrobials. *Food Technology*, v. 53, n. 11, p. 54-59, 1999.

CHEVALIER, R. C. *et al.* Edible coating utilization the chitosan base to improve melon shelf life minimally processed. *Journal of Bioenergy and Food Science*, v. 3, n. 3, p. 130-138, 2016.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. *Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manuseio*. 2. ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

CARBONARI, M. *et al.* Influência do corte e da embalagem em abacaxi minimamente processado. In: ENCONTRO DE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. *Anais [...]*. Viçosa, 2000.

CLEMENTE, E.; PASTORE, G. M. Peroxidase and polyphenoloxidase, the importance for food technology. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 32, p. 167-171, 1998.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L. *Química de alimentos de Fennema*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2019.

DURIGAN, J. F.; SILVA, E. O.; PINTO, S. A. A. Processamento mínimo de frutas e hortaliças. In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 9., 2002, Fortaleza. *Palestra [...]*. Fortaleza, 2002. 154 p.

FARBER, J. M. Microbiological aspects of modified-atmosphere packaging technology: a review. *Journal of Food Protection*, v. 54, p. 58-70, 1991.

HURST, W. C. Sanitation of lightly processed fruits and vegetables. *HortScience*, v. 30, n. 1, p. 22-24, 1995.

INTERNATIONAL FRESH-CUT PRODUCE ASSOCIATION – IFPA. 2008. Disponível em: <http://www.fresh-cuts.org>. Acesso em: 3 jun. 2008.

IZUMI, H. Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables. *Journal of Food Science*, v. 64, n. 3, p. 536-539, 1999.

KADER, A. A. *Pineapple*: recommendations for maintaining postharvest quality. Disponível em: <http://postharvest.ucdavis.edu/Commodi>

ty_Resources/Fact_Sheets/Datastores/Fruit_English/?uid=50&ds=798.
Acesso em: 22 jul. 2003.

LAURILA, E.; KERVIVEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits: review article. *Postharvest News Information*, v. 47, p. 53N-66N, 1998.

MATTIUZ, B. *et al.* Processamento mínimo de goiabas 'Pedro Sato'. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. *Resumos [...]*. Viçosa: UFV, 2000. p. 8.

MARRERO, A.; KADER, A. A. Factors affecting the post-cutting life and quality of minimally processed pineapple. *Acta Horticulturae*, v. 553, p. 705-706, 2001.

NEUMANN, O. S.; DE OLIVEIRA ROSA, T. R. Ácidos orgânicos de cadeia curta: eficácia no controle higiênico sanitário usado como sanitizante de frutas e hortaliças. *Redes-Revista Interdisciplinar do IELUSC*, v. 1, n. 1, p. 33-46, 2018.

NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, v. 34, n. 4, p. 371-401, 1994.

O'CONNOR-SHAW, R. E. *et al.* Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. *Journal Food Science*, Chicago, v. 59, p. 1202-1206, 1994.

OLIVEIRA, A. C. *et al.* Efeito do tipo de corte nas características físico-químicas e microbiológicas do melão Cantaloupe (Cucumis melo, L. Híbrido HY-Mark) Minimamente Processado. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 31, p. 1095-1101, 2007.

OLIVEIRA, C. T. A. *Métodos tradicionais e emergentes para evitar o escurecimento enzimático de vegetais*. 2019. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, 2019.

PARK, D. L.; RUA JÚNIOR, S.M.; ACKER, R. F. Direct application of a new hypochlorite sanitizer for reducing bacterial contamination on foods. *Journal of Food Protection*, v. 54, n. 12, p. 960-965, 1991.

QI, L.; WU, T.; WATADA, A. E. Quality changes of fresh-cut honeydew melons during controlled atmosphere storage. *Journal of Food Quality*, v. 22, n. 5, p. 513-521, 1999.

ROLLE, R. S.; CHISM III, G. W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. *Journal of Food Quality*, v. 10, p. 157-177, 1987.

ROOS, A. H.; TREVISOL, G.; KLEIN, C. Mamão minimamente processado em diferentes cortes. *Anuário Pesquisa e Extensão Unoesc São Miguel do Oeste*, v. 2, n. 4, 2019.

SAPERS, G. M. Browning of foods: control by sulfites, antioxidants and other means. *Food Technology*, v. 47, n. 10, p. 75-84, 1993.

SAPERS, G. M.; SIMMONS, G. F. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. *Food Technology*, v. 52, n. 2, p. 48-52, 1998.

SARZI, B. *et al.* Avaliação do abacaxi “Pérola” submetido a dois tipos de corte e três temperaturas de armazenamento. *In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSAMENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS*, 2., 2000, Viçosa. *Resumos [...]*. Viçosa: UFV, 2000. p. 2.

SILVA, G. C. *et al.* Efeito do tipo de corte nas características físico-químicas e físicas do abacaxi pérola minimamente processado. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 25, n. 2, p. 223-228, 2005.

SUSLOW, T. Postharvest chlorination – Basic properties and key points for effective disinfection. *In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY*, 5., 1999, Davis. *Proceedings [...]*. Davis: University of California, 1997. Section 9c, 8 p.

VANETTI, M. C. D. Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. *In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE PROCESSA-*

- MENTO MÍNIMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS, 2., 2000, Viçosa. *Palestras* [...]. Viçosa: UFV, 2000. p. 44-51.
- WATADA, A. E.; ABE, K.; YAMUCHI, N. Physiological activities of partially processed fruits and vegetables. *Food Technology*, v. 44, p. 116-122, 1990.
- WATADA, A. E.; QI, L. Quality of fresh-cut produce. *Postharvest Biology and Technology*, v. 15, p. 201-205, 1999.
- WILEY, R. C. *Minimally processed refrigerated fruits and vegetables*. New York: Chapman & Hall, 1994. 368 p.
- ZAGORY, D. Controlled and modified atmospheres. I – General aspects of film technology and selection. *In: ANNUAL WORKSHOP FRESH-CUT PRODUCTS: MAINTAINING QUALITY AND SAFETY*, 5., 1999, Davis. *Proceedings* [...]. Davis: University of California, 1998. Section 7a, p.1-3.
- ZAGORY, D.; HURST, W. C. (ed.). *Food Safety Guidelines for the Fresh-cut Produce Industry*. 3rd ed. Alexandria/VA: IFPA, 1996.
- ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. *Postharvest Biology and Technology*, v. 15, p. 313-321, 1999.

5. OPERAÇÕES BÁSICAS DO PROCESSAMENTO DE FRUTOS

5.1 Introdução

O sucesso da conservação dos produtos derivados de frutas reúne um conjunto de fatores que vão desde a escolha da matéria-prima, cuidados durante o processamento até o produto final.

Para que um produto tenha uma boa qualidade é necessário que ele mantenha ao máximo as suas características nutritivas e sensoriais; para isto devem-se eliminar fatores que possam contribuir para a sua deterioração.

Neste capítulo serão apresentadas as operações básicas no processamento de frutos, as quais são necessárias para preservar a qualidade e prolongar a vida útil do produto.

Os procedimentos durante o processamento de produtos originários de frutos seguem dois caminhos didaticamente definidos como: operação unitária e processo unitário.

Operação unitária – É usualmente considerada como uma etapa no processamento, não podendo ser subdividida em unidades menores. Exemplos: lavagem, seleção, classificação, pesagem, controle de temperatura e controle de umidade.

Processo unitário – Constituído de mais de uma operação unitária. Exemplos: descasque de frutos, branqueamento e secagem, preservação por congelamento, clarificação de sucos, concentração de sucos e enlatamento de frutos.

Após a colheita dos frutos, iniciam-se as operações básicas no processamento do fruto, como será descrito a seguir.

5.2 Lavagem de frutos

A água é usada na indústria de alimentos com, pelo menos, cinco finalidades: geração de vapor; descasque dos frutos com soda, lavagem e outros tratamentos preliminares da matéria-prima; lavagem dos equipamentos, garrafas e latas; preparo do xarope; e resfriamento do produto. A lavagem de frutos pode ser feita de três modos diferentes:

Lavagem por imersão – Este método de lavagem é praticamente uma preliminar para os outros métodos, ou seja, ela sozinha não produz um bom efeito para retirada das sujidades existentes no fruto pós-colheita; o uso de água quente otimiza a retirada de sujeiras, já que a água aumenta sua capacidade de solubilizar. É essencial que a água seja abundante e frequentemente mudada para evitar contaminações pelo acúmulo da sujeira. A água de lavagem deve ser constantemente clorada. Os tanques de imersão podem ser de cimento ou aço inoxidável. Deve possuir uma saída no fundo do tanque, para eliminação das sujidades mais pesadas e, na superfície, para as sujidades que flutuam, evitando que sejam arrastadas com o produto limpo.

Lavagem por agitação – A agitação melhora muito o processo de lavagem por imersão, pois existem sujeiras que aderem com mais firmeza à superfície do fruto, necessitando de uma força maior para retirá-las. A agitação pode ser feita por meios mecânicos, com o uso de pás ou hélices, ou simplesmente usando ar comprimido. Para a lavagem dos frutos, o ar comprimido é o mais indicado, pois não causa danos à superfície dos mesmos. Outro tipo de lavadores por agitação são os tambores rotativos. Este sistema consiste em um tambor rotativo ou uma série de tambores, cada um equipado com um carregador helicoidal interno ou com canaletas para o transporte do fruto. A água desses equipamentos deve ser trocada com frequência. São de grande capacidade, econômicos em água e não danificam os frutos.

Lavagem por sprays ou aspersão – A lavagem de frutos por spray é mais eficiente em relação, principalmente, aos produtos que apresentam um alto grau de contaminação com o solo e outros materiais. A

eficiência da lavagem por spray ou aspersão depende da pressão da água, do seu volume, da sua temperatura, da distância do bico do spray para o produto que está sendo lavado e do tempo de exposição do produto ao jato d'água, regulado pela velocidade da esteira e do número de jatos d'água utilizados. Um spray no qual um pequeno volume de água sob elevada pressão é usado é mais efetivo que um com grande volume de água sob baixa pressão. A lavagem por spray pode ser otimizada quando os frutos passam por um lavador rotativo provido de bicos de spray; outra maneira, é passar o produto por uma esteira que gira completamente, à medida que é atingido pelo spray. Pode haver problemas na lavagem por spray relacionado, principalmente, à produção de danos físicos provocados pelos jatos d'água sobre as superfícies de certos frutos mais frágeis. A lavagem por spray somente será eficiente se a água atingir toda a superfície do fruto.

5.3 Descascamento

A qualidade de determinados produtos de frutas depende principalmente dos cuidados no descascamento. Segundo Fellows (2006), o descascamento é utilizado no processamento de muitas frutas para remover material indesejado ou não comestível, bem como melhorar a aparência do produto final. O descasque de frutos pode ser feito de dois modos diferentes:

Descascamento manual – É atualmente pouco usado, muito embora determinados frutos sejam ainda submetidos a esta prática. O descascamento é feito com facas de aço inoxidável para eliminar a casca dos frutos. Em geral, o rendimento é bom e o resultado é melhor que no descasque mecânico.

Descascamento mecânico – O equipamento utilizado para o descasque de frutos é resultado de pesquisas e desenvolvimentos tecnológicos direcionados apenas para um ou dois tipos de frutos, pois os mesmos são projetados para o contorno físico do fruto; se houver mudança nestes contornos, o equipamento já não pode ser utilizado. O descascamento mecânico pode ser:

Corte da casca ou pele – Os frutos são geralmente descascados mecanicamente por meio de equipamento em que o fruto gira e uma faca que se apoia ligeiramente sobre ele percorre toda a sua superfície. Exemplo: abacaxi.

Raspagem da casca ou pele – É o processo mais usado, feito com auxílio de abrasivos, podendo ser executado das seguintes formas:

Peladoras descontínuas – Consistem de um cilindro vertical cujo fundo tem um disco giratório. A superfície do disco e as paredes laterais do cilindro são revestidas de material abrasivo (carborundo). A força centrífuga que se produz ao girar o disco joga o produto contra as paredes onde o material abrasivo elimina a casca ou pele. Trabalham por cargas. Carrega-se com o produto e se inicia o funcionamento. Como funcionam abertas, é possível observar quando o fruto está descascado. Os melhores resultados são obtidos se o produto for uniforme, esférico e sem defeito na casca.

Peladoras contínuas – Consiste de quatro seções, cada uma com quatro discos revestidos de carborundo. Em cada seção também há asporesores. Os discos giram no mesmo sentido, em alta velocidade. Os quatro discos de cada seção estão conectados aos pares. Cada par tem um movimento separado; desta forma, o produto gira num sentido e depois no inverso. Os discos das primeiras seções têm um revestimento espesso de carborundo e neles se verifica um descascamento rápido do produto. A última seção tem discos com revestimento fino de carborundo e aqui se produz o “acabamento” da operação. Assim, sem a necessidade de usar uma máquina de acabamento, como requerem outras descascadoras, obtém-se um descascamento bom e econômico. O descascamento é regulado, variando a velocidade dos discos e a inclinação do fundo de cada seção. Em geral, usa-se para frutos de textura firme.

Métodos físicos de descasque

Não são procedimentos para descascar, mas sim para preparar o descascamento. Posteriormente, é preciso terminar de eliminar a pele ou casca. O tratamento que apresenta um melhor resultado é o com

vapor d'água (calor úmido) e posterior descasque mecânico. Os métodos físicos de descasque são:

Uso de calor seco – O ar utilizado possui uma umidade muito baixa, facilitando, assim, quase que a formação de rachaduras na superfície do fruto.

Uso de calor úmido – O calor úmido age de forma a amolecer a superfície do fruto, promovendo, assim, a elasticidade necessária para que ocorra a raspagem adequada.

Tratamento pelo frio – Este tratamento possui princípios que favorecem a vitrificação da superfície do produto a ser descascado, facilitando a retirada da película protetora sem perdas do fluido interior.

Notadamente, cada método tem uma aplicação específica para o produto a ser descascado.

Métodos químicos de descasque

O processo de descascamento químico consiste na remoção da casca pela imersão dos frutos em uma solução de Hidróxido de Sódio (NaOH) de concentração de 0,5% a 2%. A solução de NaOH permite separar a pele externa dos frutos de casca fina de sua polpa, uma vez que a camada delgada intermediária de células é constituída de substâncias pécticas que são solúveis em solução de NaOH. Se o processo for bem conduzido, as substâncias pécticas da camada delgada intermediária de células logo abaixo da pele serão dissolvidas e as células do parênquima não serão atacadas. As vantagens do método são: a) economicamente mais barato; b) pequena ou desprezível perda de polpa; c) promove descascamento uniforme; d) permite trabalhar grande quantidade de frutos; e) reduz mão de obra. Os métodos químicos de descasque são:

Descascamento por meio de soda – Consiste no tratamento com uma solução de NaOH (lixívia) de 1% a 2%. O estado de maturação do produto, neste caso, é muito importante, porque, se houver frutas verdes, o descascamento não ocorre adequadamente e, se houver frutas muito maduras, elimina-se muita polpa delas e com isso diminui-se o rendimento e a qualidade do produto, que poderá ser corroído pela lixívia.

Geralmente trabalha-se com três parâmetros: temperatura, tempo e concentração da lixívia de NaOH. A combinação adequada destes três parâmetros resultará um produto de melhor qualidade.

Descascamento por tratamento com soda e vapor – Trata-se de um procedimento bom e de baixo custo. Na parte do tratamento químico, regula-se a entrada e saída de NaOH para que se tenha sempre uma concentração adequada e a solução fique livre de impurezas. Após o tratamento químico, as frutas sofrem uma lavagem, ou podem sofrer um tratamento com vapor, que se realiza num transportador tipo rosca sem fim, fechado, onde se injeta o vapor. Em seguida, as frutas são lavadas para eliminar os restos de NaOH, em que o pH alto pode criar problemas do ponto de vista microbiológico, além de alterar o sabor e a cor. A eliminação de NaOH é favorecida, agregando-se ácido cítrico à água de lavagem. Este procedimento pode ser combinado com um tratamento com abrasivos.

Descascamento convencional – As frutas passam primeiro pela seção de aplicação onde são submetidas a um tratamento com NaOH mediante aspersores. Posteriormente, seguem para a seção de retenção onde permanecem certo tempo para permitir a penetração de NaOH e, finalmente, seguem para a seção de lavagem realizada com jatos de água. O inconveniente deste processo é a produção de grande quantidade de resíduos líquidos, de alto pH e com alto conteúdo de substâncias orgânicas difíceis de serem eliminadas. Na tentativa de eliminar este problema, surge como alternativa o descasque com soda a seco. Neste caso, depois de as frutas passarem pelas seções de aplicação e retenção, elas são submetidas a ação de discos rugosos, que eliminam a pele a seco. Em seguida, as frutas são lavadas com água; esta alternativa, no entanto, pode ser mais danosa para o fruto.

5.4 Corte

As frutas são cortadas em fatias, metades, rodela, tiras ou cubos, ou mesmo embaladas inteiras, de acordo com o tipo de fruta e embalagens. O corte tem como objetivos: a) obter pedaços de tamanho

uniforme; b) propiciar aspecto mais atrativo ao consumidor; c) assegurar tratamento térmico eficiente; d) propiciar melhor acomodação dos pedaços na embalagem; e) assegurar o equilíbrio líquido-fruta.

Tipos de corte

Inteiro: a) Frutas inteiras com ou sem caroço. Exemplo: manga; b) Unidade cilíndrica inteira com o miolo removido. Exemplo: abacaxi.

Tidbits: Pedaços razoavelmente uniformes, cujas dimensões variam de 8 mm – 12 mm de espessura. Exemplo: abacaxi, goiaba.

Metades: Cortadas em duas partes aproximadamente iguais, isentas de caroço ou sementes. Exemplo: goiaba.

Quartos: Cortadas em quatro partes aproximadamente iguais, isentas de caroço ou sementes. Exemplo: goiaba.

Pedaços irregulares: Abrangem formas e tamanhos irregulares, isentos de caroço ou sementes. Exemplo: abacaxi, goiaba, manga.

Fatias: Cortadas em segmentos ou rodela aproximadamente iguais, com os devidos acertos na base superior e inferior e nas laterais, isentas de caroço ou sementes. Exemplo: manga, mamão e abacaxi.

5.5 Branqueamento

É uma técnica frequentemente utilizada em frutas, como uma etapa de pré-tratamento, geralmente realizada entre o preparo do material bruto e o processamento propriamente dito. Embora o branqueamento possa ser utilizado para frutas, ele é mais usado para pré-tratamento de vegetais ou hortaliças.

O branqueamento tem como objetivo: a) eliminar os gases oclusos na matéria-prima, evitando, desta maneira, que ocorra uma sobrepressão no interior dos recipientes durante o tratamento térmico; b) promover o amaciamento de tecidos vegetais, facilitando o envase, e remover ar dos espaços intercelulares, auxiliando, assim, a etapa de exaustão (retirada do ar do produto); c) a inativação enzimática é importante quando as enzimas podem causar alterações no produto, bem como no caso em que a alteração enzimática é tão rápida que se torna necessário detê-la imediatamente; d) facilitar o descascamento, já que o branqueamento

promove o amolecimento da pele de alguns produtos, facilitando, assim, a sua eliminação. Além dos efeitos mencionados, o branqueamento produz efeitos secundários, como a lavagem e diminuição da carga microbiana na superfície do produto.

Este tratamento pode utilizar vapor ou água quente, cuja natureza e objetivos variam segundo o procedimento de conservação que será utilizado. A sua aplicação é normalmente para produtos que posteriormente serão enlatados, congelados ou desidratados. Esta operação é importante do ponto de vista da preparação do produto, ainda que não se realize necessariamente em todos os processos.

Segundo Fellows (2006), o calor recebido pelo alimento durante o branqueamento causa alguns danos em sua qualidade sensorial e nutricional. Durante o branqueamento são perdidos alguns minerais, vitaminas e outros componentes hidrossolúveis. Perdas de vitaminas são devidas, principalmente, à lixiviação, à destruição térmica e, em um menor grau, à oxidação.

Métodos de branqueamento

Os dois métodos comerciais mais comuns de branqueamento envolvem a passagem do alimento através de uma atmosfera de vapor saturado ou um banho de água quente (FELLOWS, 2006):

Branqueadores a vapor – Seu uso é preferido em alimentos com uma ampla área de corte, já que as perdas por lixiviação são menores do que as encontradas ao utilizar branqueadores com água quente. De forma simplificada, um branqueador a vapor consiste de uma esteira transportadora que leva o alimento através de uma atmosfera de vapor dentro de um túnel. O tempo de residência do alimento é controlado pela velocidade da esteira e pelo comprimento do túnel. Tipicamente, um túnel tem 15 m de comprimento e 1 m a 1,5 m de largura. Em geral, no branqueamento convencional a vapor, há uma distribuição não uniforme do calor nas múltiplas camadas do alimento. A combinação tempo-temperatura requerida para assegurar uma inativação enzimática na camada central pode resultar em superaquecimento do alimento nas extremidades e na consequente perda de textura e de outras características sensoriais.

Branqueadores a água quente – Existem diversos tipos de branqueadores que mantêm o alimento em água quente entre 70 °C e 100 °C por um período de tempo específico, removendo-o posteriormente para uma seção de remoção da água e resfriamento. Exemplos: branqueadores rotatórios e tubulares.

Branqueadores rotatórios – O alimento entra em um tambor cilíndrico de tela, que gira devagar, fica parcialmente submerso em água quente e é movido através do tambor por trilhas internas. A velocidade de rotação e o comprimento do tambor controlam o tempo de aquecimento.

Branqueadores tubulares – Consistem de um tubo de metal contínuo, com isolamento e pontos de carga e descarga por onde o alimento entra e sai, sendo transportado por água quente que recircula através do tubo. O tempo de residência do alimento dentro do branqueador é determinado pelo comprimento do tubo e pela velocidade da água. Esses branqueadores têm a vantagem de possuir uma grande capacidade e de ocupar pouco espaço.

As vantagens e as desvantagens dos branqueadores a vapor e a água quente são descritas no Quadro 1.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens de branqueadores convencionais a vapor e a água quente

Equipamento	Vantagens	Desvantagens
Branqueadores a vapor	Menores perdas de componentes solúveis em água; Volumes menores de efluente e menores cargas do que branqueadores a água, particularmente com ar de resfriamento no lugar de água; Fáceis de limpar e esterilizar.	Limpeza limitada do alimento, sendo que também é necessária uma lavagem; Branqueamento desigual se o alimento é empilhado muito alto no transportador; Algumas perdas de massa no alimento.

Branqueadores à água quente	Menores custos iniciais e maior eficiência de energia do que branqueadores a vapor.	Maior consumo de água e gastos para o tratamento de grandes volumes de efluente diluído. Riscos de contaminação por bactérias termófilas.
-----------------------------	---	--

Fonte: Fellows (2006).

Dentro da etapa do branqueamento devemos fazer o resfriamento do produto. Na saída do equipamento costumam ser colocados aspersores de água fria para interromper o tratamento térmico. Isso é importante para controlar exatamente o tempo de branqueamento; caso contrário, o produto permanecerá quente até a próxima operação, correndo o risco de se contaminar, principalmente por termófilos, além da textura ficar seriamente comprometida. Em alguns casos, tal procedimento ajuda, inclusive, na separação da casca.

5.6 Enchimento

Para o produto ser comercializado com sucesso deve ser colocado em embalagens atrativas, que induzam o consumidor à compra. Consequentemente, a aparência e a proteção que a embalagem oferece ao produto são altamente importantes.

A operação de enchimento deve ser precisa, apresentando uma variabilidade mínima com a finalidade de se conseguir uma uniformidade adequada no produto final. Isto tem importância comercial e tecnológica. O volume de enchimento deve ser prefixado, devendo ser respeitado o espaço livre mínimo.

Durante o processo de aquecimento e esterilização, o produto se dilata, podendo deformar a embalagem, prejudicando o vácuo no caso de enchimento excessivo, como também a transferência de calor por convecção dentro do recipiente. Se o espaço livre for muito grande, tem-se uma quantidade de oxigênio muito elevada dentro da embalagem, podendo provocar corrosão, no caso de latas, e prejudicar a pasteurização, pois o ar irá atuar como isolante térmico.

Enchimento manual – Usado para conservas em geral, principalmente nos casos em que a matéria-prima é desuniforme, tanto em tamanho como em forma. O produto normalmente é transportado por uma esteira, localizada na parte central de uma mesa, ficando os operários posicionados nas laterais. Este processo não é aplicado para enchimento de líquidos. Mesmo que a parte sólida de um produto tenha sido embalada manualmente, pode-se, em seguida, fazer o enchimento do líquido (xarope ou salmoura) mecanicamente.

Enchimento mecânico – Os equipamentos para enchimento mecânico devem reunir os seguintes requisitos: a) assegurar um enchimento uniforme e preciso; b) possuir um dispositivo que evite a descarga material na ausência da embalagem; c) ter flexibilidade para mudanças de peças; d) ser de fácil adaptação para o enchimento de distintos produtos.

Tipos de enchimento

Enchimento normal – Consiste em colocar o produto, manual ou mecanicamente, na embalagem, sendo que esta embalagem deverá ser estéril.

Enchimento a quente – O produto é aquecido e embalado à temperatura elevada. Este sistema pode evitar o pré-aquecimento.

Enchimento semiasséptico – Consiste em colocar o produto praticamente estéril dentro da embalagem previamente higienizada. O enchimento deve ser feito em condições assépticas.

Enchimento asséptico – As embalagens são esterilizadas com vapor superaquecido; o produto também é esterilizado e resfriado. O enchimento se dá em câmara estéril, em presença de vapor superaquecido. Segundo Rose (1995), a descontaminação da embalagem pode ser feita por calor, agentes químicos (H_2O_2), radiação ultravioleta ou radiações ionizantes.

5.7 Exaustão

É uma operação exclusiva para conservas acondicionadas em latas ou embalagens de vidro. A exaustão tem como objetivo: a) eliminar o oxigênio e outros gases presentes. O oxigênio acelera a corrosão da

folha de flandres, podendo ainda oxidar o produto. Com a eliminação do oxigênio, preservam-se as vitaminas, principalmente a vitamina C; b) reduzir a pressão interna do sistema. Uma sobrepressão pode danificar a embalagem, romper o fechamento (recravação) e, em frascos de vidro, fazer saltar a tampa; c) conseguir embalagens de aspecto saudável.

Em geral, quando as conservas se alteram microbiologicamente, os recipientes estufam. O recipiente pode estufar por causas físicas (ex.: sobrepressão) e estar perfeitamente esterilizado.

A finalidade da exaustão não é produzir vácuo, e sim eliminar os gases dentro do recipiente de conservas. Se o recipiente tem espaço livre, essa eliminação produz vácuo. A exaustão pode ser realizada através de um pré-aquecimento, conforme descrito a seguir:

Pré-aquecimento – Consiste em submeter o recipiente contendo o produto e aberto (sem tampa) à ação do calor, normalmente vapor d'água. Há necessidade de se passar o recipiente por uma câmara de vapor ou túnel de exaustão. Como resultado do aquecimento do recipiente tem-se: a) expulsão do ar contido no produto, que é ajudado pela vibração ou movimento do recipiente que avança por uma correia transportadora; b) aquecimento do produto, evaporação de água, mantendo acumulado o vapor d'água no espaço livre. Em seguida, deve ser realizada a recravação. Ao resfriar, o vapor d'água condensa e se produz vácuo.

O pré-aquecimento pode ser substituído pelo enlatamento a aproximadamente 95 °C, desde que se encha o recipiente de modo que o líquido não oclua ar durante o enchimento. Isto só poderá ser realizado quando o líquido é suficientemente fluido (baixa viscosidade) e quando é um produto que pode ser aquecido sem problemas.

Relação entre a temperatura de recravação e vácuo final

Temperatura de recravação é a temperatura do produto, medida normalmente no centro do recipiente, no momento da recravação. De um modo geral, quanto maior for a temperatura de recravação maior será o vácuo. A temperatura de recravação é um índice da intensidade do

pré-aquecimento e pode servir para medir sua eficiência sempre que se trabalhe sob as mesmas condições. O vácuo normal numa lata de compotas geralmente está em torno de 8 a 15 polegadas.

O vácuo na lata é importante, por proteger o produto de oxidações indesejáveis, servindo também para manter as extremidades da lata de forma côncava durante o armazenamento, indicativa da ausência de microrganismos produtores de gás. O vácuo serve também para minimizar ou evitar distorções na lata durante o tratamento térmico devido à considerável expansão do produto. O vácuo pode ser obtido por meio de injeção de vapor ou por meio mecânico.

Vácuo mecânico

É o sistema mais simples e direto. Basicamente consiste em recravar o recipiente enquanto se encontra em uma câmara na qual se tenha feito vácuo. A câmara possui um sistema hermético para entrada e saída dos recipientes. São as recravadeiras a vácuo que, através do uso de bombas ou outro sistema, mantêm a área de fechamento (recravação) do recipiente com pressão reduzida (vácuo). O maior destaque deste sistema é que pode ser aplicado em produtos sem água ou com pouca água.

Injeção de vapor

Consiste em injetar vapor d'água no espaço livre, recravando-se, em seguida, o recipiente. Na operação de recravação e no momento em que a tampa baixa sobre o recipiente, joga-se um forte jato de vapor sobre o espaço livre. Assim, consegue-se substituir quase completamente o ar ali contido por vapor d'água que logo irá condensar, dando lugar a um vácuo parcial. Uma vez cheio o espaço livre com vapor d'água, deve-se recravar o mais rapidamente possível, para evitar a entrada de ar do exterior. O produto não deve ter ar ocluso, porque o jato de vapor não o elimina.

Relação entre a altura do espaço livre e o vácuo

Ao se aumentar a altura do espaço livre, aumenta-se o vácuo até chegar a um máximo e logo o vácuo diminui ao aumentar a altura do espaço livre. O vácuo pode ser medido usando uma escala em polegada (0–29,8 polegadas de Hg) ou de (0–760 mmHg), correspondendo o zero lido no vacuômetro a 14,67psi.

Estudos revelam que existem alturas ótimas diferentes de espaço livre para diversos tipos de recipientes; podem-se citar duas como exemplo: a) para recipientes de 0,5 Kg ou 1 Kg, pode-se utilizar de 7 mm a 10 mm de altura; b) recipientes de 3 Kg a 5 Kg, pode-se utilizar de 12 mm a 15 mm de altura.

5.8 Fechamento

O fechamento de uma lata é normalmente feito pela recravação ou dupla costura, que é a parte da lata formada pela junção dos componentes do corpo e da tampa ou fundo. Algumas recravadeiras modernas são equipadas para formar vácuo diretamente por meio de aplicação de vapor antes da recravação.

5.9 Tratamento térmico

Tratamento térmico significa aplicação de calor ao produto durante um período de tempo e a uma determinada temperatura para alcançar uma esterilidade comercial. A escolha da temperatura e do tempo a serem utilizados dependerá da carga microbiana inicial, do efeito que o calor exerce sobre o produto e dos outros métodos de conservação que poderão ser empregados conjuntamente.

O principal objetivo do tratamento térmico é o de eliminar os microrganismos que sejam capazes de se desenvolver no produto em condições normais de armazenamento e distribuição. O efeito do tratamento térmico depende principalmente das temperaturas utilizadas e do tempo de exposição do produto a estas temperaturas, ainda que outros fatores

exercem influência sobre a intensidade do tratamento térmico, como é o caso do pH, da atividade de água, da concentração de nutrientes, entre outros. Exemplos de tratamento térmico (FELLOWS, 2006):

Pasteurização – É um tratamento térmico relativamente brando, no qual o alimento é aquecido a temperaturas menores que 100 °C. Em alimentos de baixa acidez (pH > 4,5), a pasteurização é utilizada para minimizar possíveis riscos à saúde devido à contaminação com microrganismos patogênicos e para aumentar a vida de prateleira por diversos dias. Em alimentos ácidos (pH < 4,5 como conservas de frutas), a pasteurização é utilizada para aumentar a vida de prateleira por vários meses pela destruição de microrganismos deteriorantes (fungos e leveduras) e/ou pela inativação de enzimas. Em ambos os tipos de alimento, acontecem pequenas mudanças nas características sensoriais ou no valor nutricional.

Esterilização UHT (Temperatura Ultra-Alta) – Temperaturas de processamento mais altas (>100 °C) por tempos mais curtos são possíveis quando o produto é esterilizado antes de ser envasado em um ambiente estéril em embalagens previamente esterilizadas. O processamento UHT possui uma importante vantagem adicional: uma vida de prateleira de, no mínimo, seis meses sem refrigeração. Além disso, a alta qualidade de alimentos UHT compete bem com alimentos resfriados ou congelados.

5.10 Resfriamento

Esta etapa tem influência muito grande na qualidade e esterilidade comercial do produto. É uma complementação do tratamento térmico. Deve ser executado no menor tempo possível, logo em seguida à pasteurização. Um resfriamento prolongado pode causar supercozimento do produto, com conseqüente perda de textura, cor e alterações microbianas. A temperatura final do resfriamento deve ser entre 35 °C – 40 °C, o que permitirá rápida evaporação da água, evitando corrosão da lata.

Os sistemas de resfriamento podem ser contínuos e descontínuos, podendo também ser usado um sistema de aspersão de água sobre os

recipientes, normalmente empregados para latas grandes (5-20 Kg), difíceis de serem resfriadas.

REFERÊNCIAS

FELLOWS, P. J. *Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

ROSE, D. Advances and potential for aseptic processing. *In*: GOULD, G. W. (ed.). *New methods of food preservation*. London: Chapman & Hall, 1995. p. 283-303.

6. DESIDRATAÇÃO DE FRUTAS

6.1 Introdução

A desidratação (ou secagem) é um dos métodos mais antigos de conservação dos alimentos, apresentando como vantagens principais uma melhor conservação do produto e redução do seu peso, com a consequente diminuição do custo de transporte e armazenamento; portanto, é considerado um dos processos mais econômicos de conservação de alimentos.

O objetivo principal da secagem é prolongar a vida de prateleira dos alimentos por meio da redução da atividade de água. Isso inibe o crescimento microbiano e a atividade enzimática, mas a temperatura de processamento costuma ser insuficiente para provocar a sua inativação. Portanto, qualquer aumento no teor de umidade durante a estocagem, devido, por exemplo, a uma embalagem defeituosa, resultará em uma rápida deterioração (FELLOWS, 2006).

A desidratação é uma alternativa bastante conhecida para conservação de frutos. É um processo de fácil aplicação que, além de prolongar a vida de prateleira, diminui o peso do produto para o transporte e o espaço necessário para o armazenamento. Na secagem de frutas, a redução de peso de 50% a 80% e de volume é devida à eliminação de água e à retirada de partes não comestíveis – casca, semente, caroços etc.

6.2 Princípios da desidratação

A desidratação é um processo que consiste na eliminação de água de um produto por evaporação, com transferência de calor e massa simultaneamente.

O processo de secagem pode envolver três meios de transferência de calor: convecção, condução e radiação. A transferência de calor por

convecção é o meio mais utilizado na secagem comercial, em que um fluxo de ar aquecido passa através da camada do produto. Durante o processo de secagem, a umidade migra do interior para a superfície do produto, de onde se evapora para o ambiente.

Os produtos alimentícios podem ser desidratados por processos baseados na vaporização, sublimação, remoção de água por solventes ou na adição de agentes osmóticos. Os métodos de desidratação utilizados em maior escala são os que têm como base a exposição do alimento a uma corrente de ar aquecido, sendo que a transferência de calor do ar para o alimento se dá basicamente por convecção.

6.2.1 Curva de Secagem

Quando um alimento é desidratado, ele não perde água a uma velocidade constante ao longo do processo. Inicialmente, existe um curto período de estabilização em que a superfície é aquecida até a temperatura de bulbo úmido. Inicia-se, então, a secagem e, enquanto água se movimentar do interior do alimento na mesma taxa em que é evaporada da superfície, esta permanece úmida. Esse período é conhecido como o período de taxa constante, que continua até que um teor de umidade crítico é alcançado. A superfície do alimento permanece próxima à de bulbo úmido do ar de secagem até o fim do período de taxa constante devido ao efeito de resfriamento da evaporação d'água. Na prática, diferentes áreas da superfície do alimento secam a diferentes taxas e, de forma geral, a taxa de secagem diminui gradualmente ao final do período de taxa "constante". Com o progresso da secagem, sob condições fixas, a taxa de remoção de água diminui com o decorrer do processo. Na prática, sob condições normais de operação, o nível zero de umidade nunca é alcançado.

Estas mudanças durante a desidratação podem, em grande parte, ser explicadas pelos fenômenos de transferência de calor e massa. Um alimento cortado na forma de cubo, no decorrer da secagem, perderá umidade por suas superfícies e desenvolverá, gradualmente, uma espessa camada seca na superfície e com o restante da umidade aprisionada no

centro. Do centro para a superfície, um gradiente de umidade será estabelecido. Em consequência disso, a camada externa seca formará uma barreira isolante contra a transferência de calor para o interior do pedaço. Além de ter a transferência de calor diminuída, a água restante no centro do alimento tem uma distância maior a percorrer até chegar à superfície do que a umidade superficial tinha no início da secagem. À medida que o alimento seca e atinge a umidade de equilíbrio, não se tem mais secagem e a velocidade cai a zero.

Estas não são as únicas mudanças do alimento que contribuem com a forma de uma curva de secagem típica, embora sejam os fatores principais. A forma precisa de uma curva de secagem normal varia conforme o alimento, com os diferentes tipos de secadores e em resposta às variações das condições de secagem tais como a temperatura, a umidade, a velocidade do ar, o sentido do ar, a espessura do alimento, entre outros fatores.

6.2.2 Secagem utilizando ar quente

O ar quente é mais empregado por ser facilmente disponível e mais conveniente na instalação e operação de secadores, sendo que o seu controle no aquecimento do alimento não apresenta maiores problemas. O princípio básico de secagem, quando se utiliza o ar como meio para tal, está no potencial de secagem do ar ambiente aquecido, que é forçado entre a massa do produto, servindo a duas finalidades:

Conduzir calor para o produto: a pressão de vapor da água do alimento é aumentada pelo aquecimento do produto, facilitando, assim, a saída de umidade. Parte do calor do ar de secagem proporciona um aumento da temperatura do produto (calor sensível) e parte fornece o calor necessário para a vaporização da água contida no produto (calor latente).

Absorver umidade do produto: aumentando-se a temperatura do ar ambiente, a sua umidade relativa diminui e, conseqüentemente, sua capacidade de absorver umidade aumenta.

O ar serve, ainda, como veículo para transportar a umidade removida do produto para o ambiente. Incluem-se nesses processos a secagem ao

sol e a secagem realizada em secadores de bandejas, de túnel, de leito fluidizado e de atomizadores (MELONI, 2002).

Existe um grande número de fatores que controlam a taxa de secagem. Eles podem ser agrupados entre:

Aqueles relacionados às condições de processamento;

Os relacionados à natureza do alimento;

Os relacionados ao desenho do secador.

A temperatura do ar, a umidade e a velocidade são os fatores que controlam a taxa de secagem de um alimento. Quando o ar quente é soprado sobre um alimento, o vapor d'água se difunde através da camada limite de ar ao redor do alimento e é levado pelo ar em movimento. Um gradiente de pressão de vapor d'água é estabelecido entre o interior do alimento úmido e o ar seco. Esse gradiente provê a “força motriz” para a remoção de água do alimento (FELLOWS, 2006).

A camada limite atua como uma barreira tanto para a transferência de calor quanto para a remoção de vapor d'água durante a secagem. Sua espessura está principalmente determinada pela velocidade do ar. Se a velocidade é baixa, a espessura da camada limite é maior, o que reduz tanto o coeficiente de transferência de calor quanto a taxa de remoção de vapor d'água. Este sai da superfície do alimento e aumenta a umidade do ar ao redor dele, causando uma redução no gradiente de pressão de vapor d'água e, portanto, na taxa de secagem. Portanto, quanto maior a velocidade do ar, menor a espessura da camada limite e maior a taxa de secagem. Resumindo, as três características do ar que são necessárias para secar adequadamente um alimento úmido com sucesso são:

Temperatura do bulbo seco moderadamente alta;

Baixa UR;

Alta velocidade do ar.

6.2.3 Secagem utilizando superfícies aquecidas

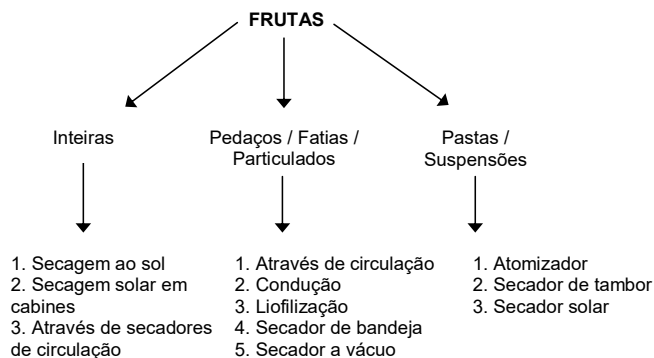
Pastas fluidas são colocadas sobre um tambor de aço aquecido. O calor é conduzido desde a superfície quente, através do alimento, e a umidade é evaporada da superfície raspada. A principal resistência à transferência

de calor é a condutividade térmica do alimento. Uma resistência adicional surge se o alimento parcialmente seco se eleva, não ficando mais em contato com a superfície quente, formando, assim, uma barreira de ar entre o alimento e o tambor. É necessário, portanto, conhecer as propriedades reológicas do alimento para determinar a espessura da camada e a forma na qual o alimento será aplicado sobre a superfície aquecida.

6.3. Equipamentos

Mais de 200 tipos de secadores estão disponíveis comercialmente para o processamento de diversos alimentos, dos mais diferentes tipos e formas, e para produtos finais diferenciados. Na Figura 1, pode-se visualizar um esquema com os vários métodos de secagem utilizados para frutas de acordo com a matéria-prima original.

Figura 1 – Métodos de secagem de frutas e matérias-primas



Fonte: adaptado de Ratti e Mujumdar (2005).

Menon e Mujumdar (1987) classificam os secadores de acordo com:
Modo de processamento (batelada, contínuo e semicontínuo);
Pressão de operação (vácuo, atmosférica, e alta pressão);
Modo de transferência de calor (condução, convecção, radiação, dielétrico, e uma combinação de diferentes modos);

Adiabático ou não adiabático;
Forma física do alimento (por exemplo, granular, pastoso, pedaços);
Estado físico do produto sendo desidratado (por exemplo, estacionário, movimento, fluidizado, atomizado).

Esta classificação nos dá uma ideia do número de configurações potenciais para secadores. Portanto, a escolha do método de secagem depende do tipo de alimento a ser desidratado, do nível de qualidade que se deseja obter, da eficiência de energia, e de um custo que possa ser justificado.

Para secagem de frutas, tipos convencionais de secadores são comumente utilizados pela sua simplicidade na construção e operação, bem como pelo baixo custo. Entre os métodos mais comuns de desidratação podemos listar a secagem em cilindros rotativos (“drum drying”), por atomização (“spray drying”), secagem a vácuo, liofilização ou secagem pelo frio (“freeze drying”), cabines e túneis com circulação forçada de ar quente, leito fluidizado entre outros. Alguns desses métodos são apropriados para alimentos líquidos ou pastosos e outros para alimentos em pedaços.

6.3.1 Secadores com ar quente

Os secadores do tipo cabine apresentam duas variações, a saber:

Com bandejas fixas; e

Com bandejas apoiadas sobre uma base móvel.

Em ambos os casos, são secadores em que a transferência de calor se dá por convecção forçada de ar quente.

Os secadores de bandejas fixas operam em bateladas, ou seja, é preciso desidratar um lote de produto de cada vez. São de construção simples e de custo relativamente baixo. Basicamente, consiste de uma cabine com parede dupla e isolamento térmico entre elas. A câmara de secagem possui apoios para as bandejas onde os alimentos previamente preparados são desidratados. A distância entre uma bandeja e outra, a dimensão delas e a quantidade de produto a ser colocada dependem do tipo de produto a ser desidratado (MELONI, 2002). São dotados de ventiladores centrífugos ou axiais para realizar a circulação do ar que pode ser sobre as bandejas ou através delas.

A velocidade do ar aquecido pode variar (0,5 m/s a 3 m/s) conforme o seu sentido de movimentação em relação às bandejas. Velocidades mais baixas podem ser empregadas sem prejuízo ao processo de desidratação quando o ar quente atravessa a camada de produto disposta sobre a bandeja.

Somente determinados alimentos podem ser desidratados desta maneira, pois é preciso que, quando uma camada seja distribuída sobre a bandeja, o ar quente consiga atravessá-la.

Na desidratação, principalmente de frutas inteiras ou em pedaços maiores, em que a distribuição do produto sobre a bandeja é feita em uma única camada, o sentido de movimentação do ar adotado é sobre as bandejas ou paralelo a elas.

Os secadores de cabine com bandejas fixas são muito utilizados para a desidratação de frutas em pequena escala, pois possibilitam maior flexibilidade na operação, conforme maior ou menor disponibilidade das diferentes matérias-primas (MELONI, 2002).

Todas as considerações feitas para os secadores de bandejas fixas podem ser aplicadas ao estudo dos secadores com bandejas apoiadas sobre uma base móvel, uma vez que é apenas uma variação do primeiro caso. As principais diferenças entre eles são que as bandejas se movimentam no interior da câmara de secagem ou de um túnel de secagem, tornando-os secadores semicontínuos com capacidade de secagem muito superiores aos de bandejas fixas. Estes equipamentos normalmente são de capacidade muito maior do que os de bandeja fixa, sendo indicados para fabricas de média a grande capacidade.

Os túneis de secagem são secadores de maior porte, portanto demandam mais espaço dentro da fábrica. Basicamente, constituem-se de uma grande câmara de secagem, neste caso designada de túnel, capaz de comportar vários carrinhos que se movimentam no seu interior de maneira programada e semicontínua. A operação é simples; enquanto em uma extremidade do túnel se efetua a carga de um carrinho com produto úmido, na outra é retirado um carrinho com produto desidratado.

Os túneis secadores são construídos em dois modelos:

Concorrente: a secagem inicial é rápida em função do contato do ar quente e seco com o produto úmido. No final, a secagem é mais lenta,

pois o carrinho ocupa uma posição dentro do túnel em que o ar é relativamente mais frio e úmido.

Contracorrente: a secagem inicial é lenta, com ar mais frio e úmido e, à medida que caminha dentro do túnel, perde água, chegando nas posições finais recebendo ar mais quente e seco.

O aquecimento do ar pode ser realizado por meio de resistências elétricas, queima de gás GLP, uso de vapor em trocadores de calor, mas a escolha deve ser feita levando-se em consideração principalmente os aspectos de economia e de poluição ambiental (MELONI, 2002).

Outra variação são os secadores de esteiras contínuos, com até 20 m de comprimento e 3 m de largura. Neste caso, a secagem é realizada em uma esteira de tela em camadas de 5 cm a 10 cm de espessura. Inicialmente, o fluxo de ar flui de baixo para cima e, nos estágios finais, de cima para baixo, para evitar que o alimento seco seja posto pra fora da esteira. São construídos em tela de aço inoxidável para permitir a passagem do ar quente através da camada de produto disposta sobre ela. O alimento é seco até um teor de umidade de 10% a 15% e, posteriormente, finaliza-se a secagem em secadores de caixa. É de fácil controle as condições de secagem, atingindo altas taxas de produção.

Uma segunda aplicação de secadores de esteira é a secagem em leito de espuma, na qual alimentos líquidos são transformados em uma espuma estável pela adição de um estabilizante e aeração com nitrogênio ou ar. A secagem em leito de espuma é aproximadamente três vezes mais rápida do que a secagem de uma camada similar de líquido (FELLOWS, 2006).

6.3.2 Secador Solar

A desidratação de frutas usando energia solar tem sido utilizada desde a antiguidade para a preservação de alimentos. Existem dois principais tipos de secadores utilizando energia solar: direto e indireto.

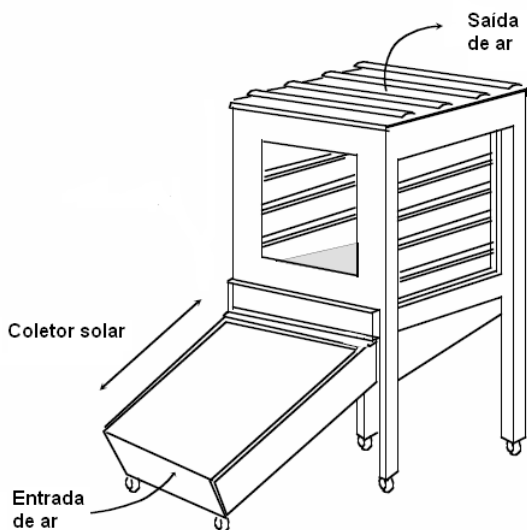
A secagem direta consiste em expor a matéria-prima por longos períodos à radiação solar e sob condições climáticas de temperaturas relativamente altas, ventos com intensidade moderada e baixas

umidades relativas. Algumas desvantagens são apontadas para este tipo de secagem, como: uma grande área para secagem é requerida; é muito demorado e, quando utilizado, favorece a ocorrência de perdas de produto devido a contaminações de insetos e microrganismos.

O uso de secagem solar indireta serve-se da energia solar para aquecer o ar quente em um trocador de calor especial (coletor solar), e então este ar aquecido é circulado através do produto por convecção natural ou forçada. Na Figura 2 é apresentado um secador solar de cabine.

Frutas comumente secas por meio de secagem solar incluem ameixas, figos, abricós, bananas e uma larga variedade de uvas.

Figura 2 – Secador solar de cabine



Fonte: adaptado de Kalra e Bhardwaj (1981).

6.3.3 Secadores de Tambor ou Cilindros Rotativos

Na secagem em tambor ou cilindro rotativo, alimentos líquidos, purês, pastas e massas são aplicados em uma fina camada sobre a superfície aquecida entre 120 °C e 170 °C de cilindros de aço ocos que giram lentamente. O cilindro é aquecido internamente, em geral com o emprego de vapor. Os secadores podem ter um único cilindro ou um par. Uma fina camada do alimento é espalhada uniformemente sobre a superfície externa por imersão, borrifo ou espalhamento.

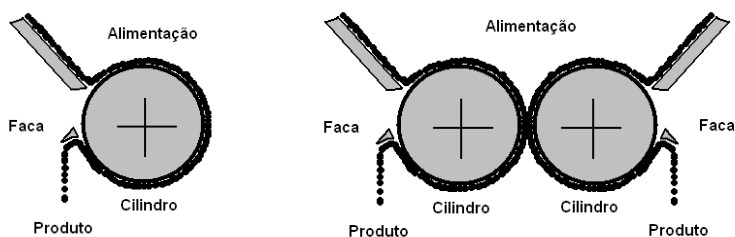
O alimento é raspado antes de completar uma volta no cilindro, que dura em torno de 20 segundos a 3 minutos, por meio de uma lâmina raspadora que percorre uniformemente toda a largura do tambor.

Para alimentos resistentes ao calor, a secagem em cilindros rotativos é um dos métodos menos dispendiosos de desidratação. Os produtos desidratados por este método apresentam um pouco mais da característica de “cozido” do que pela secagem por atomização (MELONI, 2002).

Os tambores também podem ser colocados em uma câmara a vácuo para desidratar alimentos a temperaturas mais baixas, porém o alto custo inicial desse sistema restringe o seu uso a alimentos termossensíveis de alto valor agregado.

Na Figura 3 estão apresentados os esquemas de tambores rotativos simples e duplos.

Figura 3 – Tambores rotativos simples e duplos



Fonte: Elaborada pelos autores.

6.3.4 Secadores a Vácuo

Os métodos de desidratação a vácuo são capazes de produzir produtos desidratados de alta qualidade, mas os custos geralmente também são altos se comparados a outros métodos que não empregam vácuo. Na desidratação a vácuo, a temperatura do alimento e a taxa de remoção de água são controladas pela regulagem do grau de vácuo e da intensidade de calor introduzida. A transferência de calor para o alimento é, em grande parte, pela condução e radiação.

Todos os sistemas de desidratação a vácuo apresentam essencialmente quatro elementos: uma câmara de vácuo de construção pesada para resistir à pressão externa do ar que pode exceder a pressão interna em 9800 kg/m^2 ; uma fonte de calor; um dispositivo de produção e manutenção de vácuo; e componentes para coletar o vapor d'água que é evaporado do produto.

A câmara de vácuo geralmente contém prateleiras ou outros suportes para conter os alimentos. Essas prateleiras, também chamadas de placas, podem ser aquecidas eletricamente ou por meio da circulação de um fluido aquecido. As placas são distribuídas no interior da câmara umas sobre as outras, transportando calor por condução para as bandejas contendo o produto acima delas, e por radiação da placa logo acima de uma bandeja.

O dispositivo para produção e manutenção do vácuo está do lado de fora da câmara e pode ser uma bomba mecânica de vácuo ou um ejetor de vapor, o qual é um tipo de aspirador em que um jato de vapor a alta velocidade, passando por uma abertura, puxa o ar e o vapor do interior da câmara. Geralmente, no sistema de secagem a vácuo convencional a secagem se processa a pressões inferiores a 3 mm Hg .

O modelo mais simples de secador a vácuo é o de bandejas, em que a secagem é realizada em bateladas. Também podem ser projetados para operar continuamente.

Neste tipo de secador, o alimento na forma de purê é alimentado pela parte inferior da câmara por meio de um rolo de alimentação que deposita uma fina camada de produto sobre uma face da esteira. Sobre

a outra face um conjunto de aquecedores aplica calor sobre a esteira e esta, por condução, aquece o produto, formando bolhas de vapor de água de modo a produzir uma estrutura porosa. Ao passar pelo cilindro aquecido, ocorre a evaporação da maior quantidade de água presente no produto. Em seguida, ao passar pela parte superior da câmara, a camada de produto é exposta a uma fonte de calor radiante completando a secagem. No outro cilindro o produto é resfriado, chegando, por fim, às facas de raspagem e ao sistema coletor (MELONI, 2002).

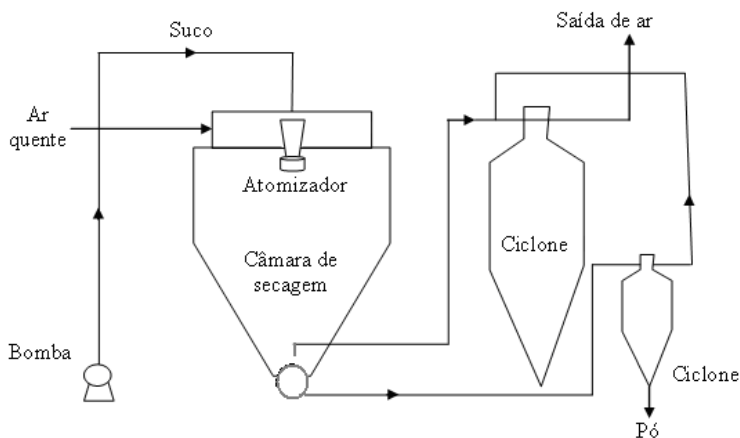
6.3.5 Torre de Atomização ou Spray

O mais importante tipo de secador que funciona com convecção forçada de ar é conhecido como torre de atomização. Existem vários tipos de torres projetados para produtos alimentícios específicos. São limitados a alimentos que possam ser atomizados, como líquidos e purês de baixa viscosidade.

A atomização em pequenas gotas resulta na secagem da substância em poucos segundos com temperatura de entrada do ar de aproximadamente 200 °C. Visto que o resfriamento evaporativo raramente permite que as partículas adquiram temperaturas superiores a 80 °C e que os sistemas são corretamente projetados para rapidamente removerem as partículas secas das zonas aquecidas, a qualidade não chega a ser comprometida.

O alimento na forma líquida é introduzido como um fino spray ou névoa dentro de uma torre ou câmara junto com ar aquecido. Como as pequenas gotas têm um contato íntimo com o ar quente, perdem rapidamente a umidade, tornando-se pequenas partículas, e descem para o fundo da torre de onde são removidas. O ar quente torna-se úmido, sendo retirado da torre por meio de um exaustor, como apresentado na Figura 4. É um processo contínuo, sendo o alimento na forma de líquido continuamente bombeado e atomizado dentro da câmara junto com o ar quente e seco.

Figura 4 – Esquema do secador tipo spray dryer



Fonte: Elaborada pelos autores.

6.3.6 Liofilização ou Secagem pelo frio (Freeze-Drying)

A liofilização, também chamada de criodesidratação, é um tipo especial de desidratação por sublimação ou transformação direta do gelo do alimento em vapor d'água sem passar pelo estado de água líquida. Para que isso ocorra, a temperatura e a pressão parcial de vapor d'água devem ser inferiores ao do ponto tríplice, isto é, 0,0099 °C e 610,5 Pa. Se nessas condições proporciona-se o calor latente de sublimação, de 2,84 MJ Kg⁻¹, o gelo transforma-se diretamente em vapor sem chegar a fundir-se. Diferentemente dos outros métodos de desidratação, não existe grande volume de água em estado líquido, sendo mínimas as modificações dos alimentos. Além disso, a liofilização requer apenas o aquecimento suave, por isso as características nutritivas e sensoriais do produto final são muito similares às do alimento fresco (ORDÓÑEZ, 2005). Comparado aos outros métodos de secagem, o custo para se remover 1 kg de água por liofilização é de duas a cinco vezes mais elevado.

Como nos demais processos os alimentos a serem liofilizados passam por etapas de preparo (lavagem, descascamento, corte, branqueamento), mas, além destas, devem ser congelados a temperaturas de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ e, em seguida, colocados em câmaras de alto vácuo. Com o aumento gradativo da temperatura e a manutenção da condição de alto vácuo, obtém-se a saída de água do alimento por sublimação.

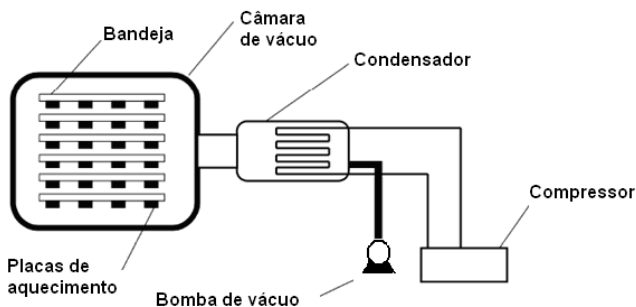
O congelamento deve ser rápido para que se formem microcristais de gelo, que não danifiquem a membrana celular do alimento. Se o congelamento for lento, os cristais formados são grandes e rompem a membrana celular, acarretando perda do líquido citoplasmático e, conseqüentemente, encolhimento do alimento, que fica com aspecto de “murcho”.

Durante a secagem por liofilização, distinguem-se duas etapas (ORDÓÑEZ, 2005):

- desidratação primária: após congelar o alimento, a pressão reduz-se abaixo de 600 Pa e subministra-se o calor latente de sublimação do gelo. Essa operação deve ser cuidadosamente regulada, pois ela precisa proporcionar a força condutora para a sublimação, porém a temperatura deve ser mantida abaixo do ponto triplo para evitar que o gelo se funda. O vapor d'água deve ser eliminado à medida que se produz, a fim de que a pressão de vapor no liofilizador se mantenha abaixo da pressão de vapor na superfície do gelo;
- desidratação secundária ou dessorção: depois de eliminado todo o gelo do alimento, ele continua retendo certa quantidade de água líquida. Para obter um produto estável, o conteúdo de umidade deve ser reduzido à percentagem de 2 a 8%, correspondente à água fortemente ligada por evaporação ou dessorção. Isso pode ser conseguido se o alimento parcialmente seco permanece no liofilizador e for aquecido até que sua temperatura se iguale à da placa, mantendo o vácuo. Outra possibilidade, considerando o alto custo da liofilização, é finalizar a secagem com outro método.

Os principais componentes de um liofilizador são: a câmara de vácuo, uma fonte de aquecimento, o sistema gerador de vácuo e os componentes para coletar o vapor d'água, que é evaporado do produto, como na Figura 5. Basicamente um liofilizador descontínuo não difere de um secador a vácuo.

Figura 5 – Representação esquemática de um liofilizador



Fonte: Elaborada pelos autores.

6.3.7 Desidratação Osmótica

A desidratação osmótica, alternativamente denominada impregnação ou saturação, é uma importante tecnologia que permite tanto a remoção de água do produto quanto a modificação de suas propriedades pela incorporação de solutos desejados.

A desidratação osmótica comumente ocorre por imersão do produto em soluções de açúcar ou sal. A estrutura complexa da parede celular dos alimentos age como uma membrana semipermeável, a qual não é completamente seletiva, resultando em dois fluxos de transferência de massa em contracorrente: difusão de água do alimento para a solução e difusão do soluto da solução para o alimento. Em adição, há uma perda dos solutos naturais do produto (açúcares, ácidos orgânicos, minerais etc.) que pode ser negligenciável, podendo ter, entretanto, um impacto no seu valor nutricional

e sensorial (HENG; GUILBERT; CUQ, 1990; SAUREL *et al.*, 1994; AZOUBEL; MURR, 2000; KOWALSKA; LENART, 2001).

A seleção do agente apropriado para a estabilização de um alimento de umidade intermediária envolve considerações sobre sua capacidade de baixar a atividade de água, flavor adquirido, textura, custo e segurança. O tipo de açúcar utilizado como substância osmótica influencia fortemente a cinética de remoção de água, de ganho de sólidos e de equilíbrio do conteúdo de água. Pelo aumento da massa molar do soluto, uma redução do ganho de sólidos e um aumento da perda de água são obtidos, assim favorecendo a perda de peso e os aspectos do processo de desidratação.

As principais vantagens do processo de desidratação osmótica sobre os processos tradicionais de secagem são: inibição do escurecimento enzimático, com retenção da cor natural sem a utilização de sulfitos; maior retenção de componentes voláteis durante subsequente secagem; e baixo consumo de energia.

Quanto maior o tempo de processamento, maior a perda de água do alimento. Entretanto, existe um limite para o conteúdo final de água no alimento para dadas condições operacionais, que é seu valor de equilíbrio com a solução osmótica. Em todas as desidratações osmóticas ocorrem dois estágios. A velocidade de desidratação é praticamente constante durante as primeiras horas, reduzindo-se, continuamente, a partir de um dado instante.

A desidratação por osmose é um processo que geralmente não fornece um produto com umidade suficientemente baixa para ser considerado estável em prateleira à temperatura ambiente. Portanto, a aplicação mais frequente desta técnica é como um pré-tratamento, usualmente como uma etapa de aceleração do processo, antes de eles serem submetidos a processos adicionais como liofilização, secagem a vácuo, secagem com ar quente, entre outros, podendo, assim, levar à redução do gasto de energia e à melhoria na qualidade do produto final.

Entre os fatores que afetam a difusão de soluto e água estão: (i) a concentração da solução, (ii) o tipo de agente osmótico, (iii) a proporção amostra: solução, (iv) o tempo de osmose, (v) a temperatura de osmose,

(vi) a agitação da solução, (vii) a geometria do material e (viii) a pressão do sistema.

A utilização do vácuo durante a desidratação osmótica permite a introdução de quantidades de uma solução na estrutura porosa de frutos e hortaliças. Esta solução pode conter componentes fisiologicamente ativos (antioxidantes, vitaminas ou minerais, por exemplo), depressores de Atividade de água (Aa) ou pH, antimicrobianos etc., a fim de obter-se um produto estável e de qualidade [16].

Segundo Dalla Rosa e Giroux (2001), o desenvolvimento industrial em larga escala, limitado dos processos de desidratação osmótica, é devido a problemas de controle da solução concentrada, e a viabilidade econômica deste processo provavelmente depende da disponibilidade de açúcar a um custo razoavelmente baixo e/ou de um destino satisfatório para a solução utilizada. Os mesmos autores apontam problemas com relação à reutilização da solução, devido a mudanças nas propriedades da solução (pH, viscosidade, Aa), na composição e nas propriedades sensoriais (principalmente cor e flavor) assim como problemas relacionados à descarga no ambiente das soluções utilizadas, principalmente em países com maior rigor nas leis ambientais como os EUA. Os autores ainda sugerem diferentes destinos para o reaproveitamento das soluções utilizadas em tratamentos osmóticos de frutas como para o preparo de xaropes para frutas enlatadas, geleias misturadas com sucos de frutas diluídas com água e carbonatadas para obtenção de “soft drinks” entre outros.

A velocidade da desidratação e a qualidade dos produtos submetidos tanto à desidratação osmótica quanto à desidratação osmótica a vácuo, dependerão tanto das características da matéria-prima empregada quanto do agente osmótico utilizado, assim como das condições de operação do processo.

A pré-secagem por osmose, seguida de secagem com ar quente, é um processo que tem sido utilizado na produção de frutas desidratadas, apresentando-se como uma excelente possibilidade para a exportação e aproveitamento de frutas tropicais.

A secagem a ar quente, em particular, é um processo antigo para preservar alimentos, no qual o sólido a ser seco é exposto a uma

corrente de ar quente que flui continuamente e, assim, a umidade é removida (RATTI, 2001). Esse processo dá origem a produtos desidratados que podem ter uma vida de prateleira longa. Infelizmente, a qualidade de um produto desidratado de forma convencional é drasticamente reduzida em comparação ao alimento original, principalmente em termos de sabor e textura. A desidratação osmótica como pré-tratamento contribui para a obtenção de produtos desidratados de melhor qualidade (SOUZA NETO, 2002). Esta combinação de métodos de secagem tem sido apontada como uma alternativa econômica e segura para a conservação de produtos alimentícios (BRANDÃO *et al.*, 2003).

A remoção de água de alimentos porosos pode causar o encolhimento dos pedaços do alimento durante a secagem a ar quente. Este fenômeno é particularmente importante para frutas e hortaliças, não apenas afetando a velocidade de secagem, mas também as propriedades físicas e funcionais do material desidratado. A incorporação de sólidos por um fruto diminui o encolhimento durante a secagem. Assim, o colapso estrutural pode diminuir se as frutas são impregnadas com açúcares ou polímeros antes da secagem a ar quente (DEL VALLE; CUADROS; AGUILERA, 1998).

Conforme Torregiani (1993), o papel específico do pré-tratamento osmótico é o enriquecimento em sólidos solúveis além da remoção de água. Nesse sentido, uma queda da atividade de água é dependente da concentração de sólidos solúveis obtida com somente um limitado decréscimo do conteúdo de água e uma limitada textura. Conforme o mesmo autor, a textura está associada com a plasticidade e com o efeito de incorporação de água sobre a matriz pectínica e celulósica dos tecidos dos frutos, a qual é dependente do teor de sólidos insolúveis e do conteúdo de água, além dos sólidos solúveis e da atividade de água.

A secagem final destes produtos desidratados osmoticamente fornece um produto com boa qualidade, tipo “snack” pronto para consumo. O produto desidratado poderia também ser pulverizado, se desejado, e misturado com leite em pó ou para produção de outros produtos de confeitaria, por exemplo.

Weaver e Charles (1974) relatam que o processo osmótico é muito satisfatório como um pré-tratamento antes da secagem ao ar de frutas, e em particular para a banana, pois se observa, frequentemente, que o tecido da banana, após descascado, fatiado, raspado etc., escurece rapidamente em consequência da oxidação enzimática da dopamina e de outros polifenóis. Jackson e Mohammed (1971) declararam que a remoção da água na etapa osmótica prévia é de importância secundária comparada com os efeitos benéficos obtidos pela imersão e impregnação da fruta pelo agente osmótico, uma vez que pedaços de fruta frescas e osmodesidratadas não diferem grandemente. Este efeito se dá devido ao açúcar, pois este é um inibidor muito efetivo de polifenoloxidase, além de prevenir a perda de constituintes flavorizantes voláteis durante a desidratação, até mesmo sob vácuo.

6.4 Processos produtivos de frutas desidratadas

6.4.1 Desidratação osmótica de manga seguido de secagem em estufa

Os frutos em estágio comercial de maturação e isentos de doenças devem ser selecionados, lavados em água clorada (50 mg/l de cloro ativo/15 min), descascados, cortados manualmente ou por meio de equipamento apropriado, em cubos de aproximadamente 3 cm de lado, e branqueados com vapor fluente (100 °C/2 min). O xarope de sacarose, na concentração de 55 °Bx, é preparado por dissolução desse açúcar em água, sob aquecimento (± 80 °C), para facilitar a dissolução. O xarope deve conter ácido cítrico em quantidade suficiente para obter pH 3,0 e benzoato de sódio (0,1%). Para a desidratação osmótica, devem-se imergir os cubos de manga no xarope, em quantidade necessária para se estabelecer a proporção fruto:xarope 1:4, devendo-se manter o sistema a 65 °C por quatro horas. Os cubos são então removidos do meio osmótico, deixando-se escorrer o excesso de xarope, sendo dispostos em bandejas metálicas perfuradas e colocados em estufa de circulação de ar

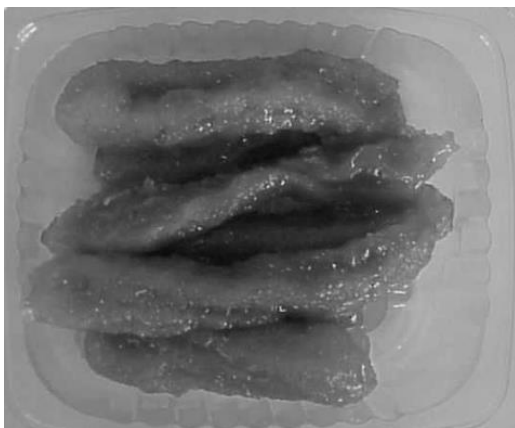
a 65 °C por 16 horas. Os frutos desidratados são então acondicionados em embalagens rígidas de polietileno tereftalato (PET), contendo cerca de 200 g do produto cada, podendo também serem usadas embalagens flexíveis (sacos) de polipropileno biorientado metalizado. O rendimento do processo é de aproximadamente 10% em relação ao peso das frutas inteiras. O produto de manga obtido de acordo com o processo descrito pode ser armazenado à temperatura ambiente (~28 °C), permanecendo estável por 120 dias.

6.4.2 Obtenção de banana desidratada osmoticamente seguida de secagem em estufa

Bananas da variedade prata (*Musa sapientum* L.), recebidas na planta de processamento, devem ser selecionadas de acordo com seus atributos de qualidade. São verificados a cor (amarelas sem pontos pretos), a uniformidade, o grau de maturação, que deve estar no estágio $\frac{3}{4}$ gorda (quinas desaparecendo) e a isenção de defeitos. Em seguida, são lavadas por imersão em água clorada (50 ppm de cloro ativo/15 min). As bananas são descascadas manualmente, raspadas para retirada do mesocarpo e cortadas as pontas para se evitar adstringência devido à grande concentração de taninos nas extremidades da fruta. Os frutos são submetidos ao branqueamento com vapor saturado a 100 °C por dois minutos e à desidratação osmótica. Usa-se xarope de sacarose a 65 °Bx na proporção fruto:xarope 1:2 a 65 °C sob pressão atmosférica por três horas de imersão no xarope. O xarope de sacarose, na concentração de 65 °Bx, deve ser preparado por dissolução desse açúcar em água, sob aquecimento (aproximadamente 80 °C), para facilitar a dissolução. O pH do xarope é ajustado pela adição de ácido cítrico até pH 3 e adiciona-se benzoato de sódio (0,1%) como conservante. Em seguida, os frutos são retirados do xarope de sacarose para peneiras até escorrer o excesso de xarope. Depois de escorridas, as bananas são distribuídas em bandejas de aço inoxidável, em camada única, na razão de 10 Kg/m² de superfície, em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C ± 5 °C, com velocidade tangencial do ar de cerca de 3 m/s, e tempo de secagem de 16 horas,

quando a umidade relativa exterior se situar entre 70% e 90%. Ao término de todo o processo, ou seja, após pré-tratamento osmótico e complementação com secagem em estufa de circulação de ar, os frutos desidratados são resfriados à temperatura ambiente e, em seguida, embalados em recipientes retangulares de polietileno tereftalato (PET) transparentes, com tampa, contendo, cada um, cerca de 200 g do produto, e armazenados à temperatura ambiente. O rendimento do processo é de aproximadamente 25% em relação ao peso da fruta in natura. O produto obtido apresenta pH próximo de 4,0, sólidos solúveis totais na faixa compreendida entre 70 °Bx a 75 °Bx, atividade de água entre 0,70 e 0,80, teor de umidade entre 15% e 25%, enquadrando-se na faixa estabelecida para frutos com umidade intermediária, sendo este produto estável por até quatro meses armazenado à temperatura ambiente (Figura 6).

Figura 6 – Foto da banana desidratada seguida de secagem em estufa



Fonte: Elaborada pelos autores.

6.4.3 Secagem de goiabas pré-desidratadas osmoticamente a vácuo

Goiabas (*Psidium guajava*, L) da cultivar ‘Paluma’ (polpa vermelha), recebidas na planta de processamento, devem ser selecionadas de acordo

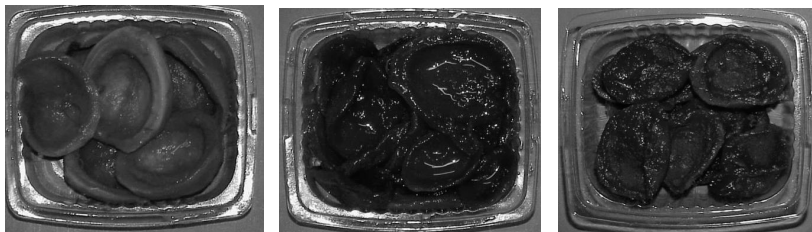
com seus atributos de qualidade: coloração da casca amarela, uniformidade, estágio de maturação e isenção de defeitos. Em seguida, são lavadas por imersão com água clorada (50ppm de cloro ativo/15 min), descascadas quimicamente com hidróxido de sódio 2% a 90 °C por dois minutos, seguindo-se a lavagem em água corrente e neutralização com ácido cítrico a 0,25%. Após descascamento, os frutos são cortados ao meio com o auxílio de facas inox e as sementes retiradas com colheres (Figura 1). Depois, procede-se o branqueamento dos frutos com vapor fluente a 100 °C por dois minutos. Em seguida, os frutos são imersos em xarope de sacarose a 65 °Bx e proporção fruto:xarope 1:2 a 65 °C, durante duas horas, sob vácuo. O vácuo é obtido através de uma bomba de vácuo acoplada ao reator onde são colocados os frutos, em torno de -660mmHg (-26 pol/cm). O xarope de sacarose, na concentração de 65 °Bx, deve ser preparado por dissolução desse açúcar em água, sob aquecimento (aproximadamente 80 °C), para facilitar a dissolução. O pH do xarope é ajustado pela adição de ácido cítrico até pH 3 e adiciona-se benzoato de sódio (0,1%) como conservante. Em seguida, os frutos são retirados do xarope de sacarose para peneiras, até drenar o excesso de xarope (Figura 2). Depois de drenadas, as goiabas são distribuídas em bandejas de aço inoxidável, em camada única, na razão de 10Kg/m² de superfície, em estufa com circulação de ar forçada a 65 °C ± 5 °C, com velocidade tangencial do ar de cerca de 3 m/s durante quatro a cinco horas, quando a umidade relativa exterior se situar entre 70% e 90%.

Os frutos desidratados são resfriados à temperatura ambiente e embalados em recipientes retangulares de polietileno tereftalato (PET) transparentes, com tampa e capacidade para 200 g do produto (Figura 7).

O rendimento do processo é de aproximadamente 15% em relação ao peso da fruta in natura.

O produto obtido apresentará características que dependerão em grande parte da matéria-prima utilizada, mas deverá situar-se em alguns parâmetro: sólidos solúveis totais: entre 70 °Bx e 75 °Bx; pH: em torno de 3,8; atividade de água: entre 0,70 e 0,75; umidade: variando entre 20% e 25%. O produto pode ser armazenado à temperatura ambiente, sendo estável por até quatro meses.

Figura 7 – Goiabas branqueadas e preparadas para desidratação osmótica após o processo de desidratação osmótica a vácuo, em xarope de sacarose, e após secagem em estufa de circulação de ar, pré-tratadas osmoticamente a vácuo em xarope de sacarose



Fonte: Elaborada pelos autores.

REFERÊNCIAS

AZOUBEL, P. M.; MURR, F. E. Mathematical modelling of the osmotic dehydration of cherry tomato. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v. 20, n. 2, p. 228-232, 2000.

BRANDÃO, M. C. C. *et al.* Análise físico-química, microbiológica e sensorial de frutos de manga submetidos à desidratação osmótico-solar. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 25, n. 1, p. 38-41, 2003.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. *Diário oficial da União*. Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005.

DALLA ROSA, M.; GIROUX, F. Osmotic treatments (OT) and problems related to the solution management. *Journal of Food Engineering*, n. 49, p. 223-236, 2001.

DEL VALLE, J. M.; CUADROS, T. R. M.; AGUILERA, J. M. Glass transitions and shrinkage during drying and storage of osmosed apple pieces. *Food Research International*, v. 31, n. 3, p. 191-204, 1998.

FELLOWS, P. J. *Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática*, Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

- HENG, K.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Osmotic dehydration of papaya, influence of process variables on the product quality. *Sciences des Aliments*, Paris, v. 10, n. 3, p. 831-848, 1990.
- JACKSON, T. H.; MOHAMMED, B. B. The Shambat process: new development arising from the osmotic dehydration of fruits and vegetables. *Sudan Journal of Food Science and Technology*, v. 3, p. 18-22, 1971.
- KALRA, S. K.; BHARDWAJ, K. C. Use of simple solar dehydrator for drying fruit and vegetable products. *J. Food Sci. Technol.*, Índia, v. 18, n. 23, 1981.
- KOWALSKA, H.; LENART, A. Mass exchange during osmotic pretreatment of vegetables. *Journal of Food Engineering*, v. 49, n. 2-3, p. 137-140, 2001.
- MELONI, P. L. S. Produção de frutas desidratadas. In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA, 9., 2002. Fortaleza. *Palestra* [...]. Fortaleza, 2002. 104 p.
- MENON, A. S.; MUJUMDAR, A. S. Drying of solids: principles, classification, and selection of dryers. In: MUJUMDAR, A. S. (ed.). *Handbook of industrial drying*. New York: Marcel Dekker, 1987.
- MIZRAHI, S.; EICHLER, S.; RAMON, O. Osmotic dehydration phenomena in gel systems. *Journal of Food Engineering*, v. 49, p. 87-96, 2001.
- NRDC (National Research Development Corporation). Índia. Disponível em: <http://www.nrdcindia.com/pages/osmotic.htm>. Acesso em: 4 nov. 2001.
- ORDÓÑEZ, J. A. *Tecnología de alimentos*. Porto Alegre: Artmed, 2005. 294 p.
- RATTI, C. Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, v. 49, p. 311-319, 2001.
- RATTI, C.; MUJUMDAR, A. S. Drying of fruits. In: BARRET, D. M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. *Processing fruits: science and technology*. USA: CRC Press, 2005. 864 p.
- SAUREL, R. *et al.* Mass transfer phenomena during osmotic dehydration of apple. I. Fresh plant tissue. *International Journal of Food Science and Technology*, n. 29, p. 531-542, 1994.

SOUZA NETO, M. A. *Desidratação osmótica de manga coité com e sem a utilização de vácuo com complemento de secagem em estufa*. 2002. 65 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2002.

TORREGGIANI, D. Osmotic dehydration in fruit and vegetable processing. *Food Research International*, v. 26, p. 59-68, 1993.

WEAVER, C.; CHARLES, M. Enzymatic browning of ripening bananas. *Journal of Food Science*, v. 39, p. 1200-1202, 1974.

7. PRESERVAÇÃO DE FRUTAS POR AÇÚCAR

7.1 Introdução

A história da alimentação brasileira registra a comercialização de doces de frutas por escravos, há séculos atrás. Os doces à base de frutas tropicais, em sua maioria típicas regionais, deixaram de ser basicamente produzidos para o consumo familiar dos senhores de engenho e da casa grande e passaram a ocupar espaço no comércio de alimentos nas principais cidades brasileiras (SOUZA; OLIVEIRA; FEITOSA, 2018).

Dessa forma, dentre os métodos mais empregados na conservação de frutas está a preservação por açúcar. Os produtos preservados pela adição de açúcar mais conhecidos são os doces, geleias, compotas e frutas cristalizadas.

De modo geral, a preservação de frutas por açúcar consiste em duas técnicas básicas: no enchimento de recipientes com a fruta e xarope, no caso da fruta em calda; ou numa formulação com polpa de fruta e açúcar, no caso de doces em pasta. O fechamento hermético e um tratamento térmico de cozimento e pasteurização também fazem parte das etapas de processamento de diversos produtos.

Este capítulo aborda as principais etapas de processamento envolvidas na elaboração das conservas de fruta obtidas pela adição de açúcar, além de trazer alguns exemplos práticos para elaboração destes produtos.

7.2 Características da matéria-prima para produção de doces

De acordo com o produto a ser processado, a matéria-prima deve apresentar determinadas características.

Em especial, para produção de compota ou fruta em calda, a classificação da matéria-prima deve levar em consideração aspectos como uniformidade no tamanho e defeitos relativos à coloração dos frutos, bem como presença de contaminação por fungos, picadas de insetos ou pássaros etc. As frutas devem apresentar as seguintes características gerais:

Tamanho e forma regulares;

Elevado rendimento em pedaços de tamanhos uniformes;

Textura firme e resistência ao tratamento térmico (colheita no ponto de maturação ideal);

Cor da polpa intensa e uniforme;

Observância da relação °Bx/Acidez;

Sabor e aroma agradáveis e próprios da fruta.

No caso dos doces em pasta e geleias, a seleção da matéria-prima não é tão rigorosa quanto ao tamanho e à forma, já que o interesse é a obtenção de uma pasta, porém, após o seu cozimento, deve reter a cor e o aroma característicos da fruta original. Os critérios de qualidade microbiológica sempre devem ser observados.

Cada espécie de fruta deve ser analisada individualmente em relação ao processo e à qualidade final do produto. As características da matéria-prima, no momento da colheita, determinarão a qualidade do produto final como sabor, textura e aroma.

7.3 Descrição das etapas de processamento

Transporte, recepção e estocagem

Após a colheita, a matéria-prima deve ser acomodada em caixas ou cestos e encaminhada ao local de processamento o mais breve possível, observando também a temperatura de transporte.

Os frutos, ao chegarem à indústria, são pesados e passam por uma pré-seleção, onde são separados os deteriorados, atacados por insetos e fungos e os que estiverem em estado avançado de maturação. Análises de composição química e características físicas do fruto (cor, textura, tamanho, peso unitário), para caracterização do lote, podem ser realizadas durante o processamento.

Estocagem

Os frutos devem ser estocados em lugares frios e bem ventilados. As condições de estocagem tais como: temperatura, umidade relativa e tempo devem ser controladas. Os microrganismos podem ser inibidos ou destruídos por meio de fumigação, refrigeração e aquecimento. As caixas utilizadas no transporte e estocagem dos frutos devem ser lavadas e secas após o uso para evitar o crescimento de bolores que contribuirá para deterioração posterior dos frutos.

Lavagem

A lavagem deve ser feita em tanques, inicialmente em água de boa qualidade para remoção de sujidades grosseiras e, posteriormente, com água clorada. Esta etapa tem como finalidade extrair e descartar efetivamente os contaminantes, deixar a superfície do fruto limpa e limitar sua recontaminação.

Seleção e classificação

A seleção tem por finalidade separar da matéria-prima o material de qualidade inferior, defeituoso, verde, machucado e de coloração diferente, visando à qualidade da matéria-prima. A seleção e classificação proporcionam uma maior uniformidade ao produto final e melhora a padronização nos métodos de preparo, tratamento e conservação. Estas operações estão diretamente envolvidas com o valor comercial dos produtos finais.

A fabricação de geleias ou doces em pasta pode ser decorrente do aproveitamento de pedaços ou fatias que não foram utilizados no processamento de frutas em calda ou compota, mas que apresentam qualidade para o processamento.

7.4 Etapas específicas para cada processamento

7.4.1 Compota ou doce em calda

A compota, ou doce em calda, pode ser definida como o produto obtido de frutas inteiras ou em pedaços, com ou sem sementes ou

caroços, com ou sem casca, submetidas a cozimento incipiente, envasadas em lata ou vidro, praticamente cruas, cobertas com calda de açúcar e submetidas a um tratamento térmico adequado.

As compotas podem ser simples quando elaboradas com somente uma fruta, e mistas quando elaboradas com duas ou mais frutas.

O produto deve ser elaborado com matérias-primas de boa qualidade, respeitando sempre os critérios anteriormente mencionados.

A variedade das frutas utilizadas deve ser adequada para industrialização. Algumas frutas podem requerer detalhes de processamento próprios, mas, em geral, a compota ou fruta em calda apresenta as seguintes etapas de processamento: classificação e seleção, lavagem, descascamento (se necessário), corte, branqueamento (opcional), enchimento das embalagens, adição do xarope, exaustão, fechamento, tratamento térmico, resfriamento e armazenamento.

Preparação do xarope ou calda

Para elaboração do xarope é feita uma mistura de água e açúcar, sob aquecimento, até que todo o açúcar seja dissolvido. Deve-se sempre observar o °Bx desejado para o xarope; a permanência inadequada do xarope sob aquecimento pode levar a uma evaporação e, conseqüentemente, a uma concentração acima do desejado. O xarope pode apresentar impurezas provenientes do açúcar e, por isso, o preparo pode ser completado com uma filtração.

O xarope ajuda na transferência de calor durante o tratamento térmico além de realçar o sabor da fruta e preencher os espaços vazios entre os pedaços. O xarope não deve apresentar-se cristalizado, deve ser líquido e transparente e não deve caramelizar durante o processamento.

O açúcar mais utilizado no preparo das caldas é a sacarose, podendo haver a substituição de até 25% dos sólidos solúveis presentes por xarope de glicose, o que confere mais brilho à fruta e diminui o nível de doçura sem prejuízos à viscosidade ou quantidade de calda.

É importante destacar que, no caso da fruta em calda, o °Bx do xarope deve ser mais elevado do que o °Bx da fruta. No entanto, o °Bx do xarope não deve ser excessivamente mais elevado, pois acarretaria

murchamento das frutas pela perda de água para o meio através de desidratação osmótica, deixando as frutas enrugadas e pouco atraentes.

Exemplo de cálculo de °Bx de xarope para elaboração de Compota de Abacaxi – Supondo que se tem 5,280 Kg de polpa de abacaxi com um °Bx inicial de 13,2 e desejando-se que o °Bx de equilíbrio seja 22 °Bx, tem-se então que efetuar um balanço de massa usando a seguinte equação.

$$M_{\text{fruta}} \times B_{\text{fruta}} + M_{\text{açúcar}} \times B_{\text{açúcar}} + M_{\text{água}} \times B_{\text{água}} = M_{\text{final}} \times B_{\text{final}}$$

$$B_{\text{final}} = B_{\text{equilíbrio}}$$

Considera-se:

$$B_{\text{açúcar}} = 100$$

$$B_{\text{água}} = 1$$

M = massa

$$B = \text{°Bx}$$

De acordo com o exemplo proposto, são conhecidos:

$$M_{\text{fruta}} = 5,280 \quad B_{\text{final}} = 22^\circ$$

$$B_{\text{fruta}} = 13,2^\circ$$

$$\text{Peso do Frasco} = 140 \text{ g}$$

Frasco + Fruta deve ser = 250 g, ou seja, deve ser adicionado 110 g de fruta

$$M_{\text{fruta}} = n^\circ \text{ de frascos (ex. 48)} \times 110 \text{ g (peso do fruto)} = 5.280 \text{ g}$$

$$M_{\text{calda}} = 48 \times 100 \text{ (vol. aprox. de calda em cada frasco)} = 4.800 \text{ g}$$

$$M_{\text{final}} = M_{\text{fruta}} + M_{\text{calda}}$$

$$M_{\text{final}} = (110 \times 48) + (100 \times 48)$$

$$M_{\text{final}} = 10,080 \text{ kg}$$

Substituindo, na primeira equação acima, teremos:

$$5,280 \times 13,2 + M_{\text{açúcar}} \times 100 + M_{\text{água}} \times 1 = 10,080 \times 22$$

$$69,696 + 100M_{\text{açúcar}} + M_{\text{água}} = 221,76$$

$$100M_{\text{açúcar}} + M_{\text{água}} = 152,06 \text{ (1)}$$

$$M_{\text{calda}} = M_{\text{açúcar}} + M_{\text{água}}$$

$$\text{Mcalda} = 100 \times 48 = 4,8 \text{ Kg}$$

$$\text{Mágua} + \text{Maçúcar} = 4,8$$

$$\text{Mágua} = 4,8 - \text{Maçúcar} \quad (2)$$

Substituindo 2 em 1:

$$100\text{Maçúcar} + 4,8 - \text{Maçúcar} = 152,06$$

$$99\text{Maçúcar} = 152,06 - 4,8$$

$$99\text{Maçúcar} = 147,26$$

$$\text{Maçúcar} = \mathbf{1,48 \text{ Kg}}$$

$$\text{Mágua} = 4,8 - \text{Maçúcar}$$

$$\text{Mágua} = \mathbf{4,8 - 1,48 = 3,32 \text{ Kg ou L de água}}$$

Descascamento dos frutos

A qualidade de determinados produtos depende, em grande parte, dos cuidados nesta etapa, que podem ser feitos da maneira a seguir:

a) Métodos Físicos de Descasque: são procedimentos de preparo para o descasque. Na verdade, o calor é utilizado para facilitar a remoção da casca dos frutos por meio de um pré-cozimento. Pode ser utilizado calor seco e calor úmido.

b) Descascamento manual: pouco utilizado em escala industrial devido à grande quantidade de mão de obra necessária. Facilita a contaminação microbiológica do produto devido à excessiva manipulação. No entanto, dependendo da habilidade do manipulador, pode-se obter um bom rendimento de polpa.

c) Descascamento mecânico: apresenta restrições quanto à forma do fruto. Pode ser feito por meio do corte da pele ou casca com lâminas projetadas para determinados frutos ou por abrasão.

d) Métodos químicos de descasque: consiste na remoção da casca pela imersão dos frutos em uma solução de NaOH, conhecida como lixívia. As vantagens são: método barato, mínima perda de polpa, descascamento uniforme, trabalha grande quantidade de polpa com pouca mão de obra. É um método dependente de três fatores: concentração da lixívia, tempo de exposição dos frutos e temperatura de processamento.

Corte

De acordo com o tipo de fruto e a embalagem, os frutos são cortados em fatias, metades, rodela, tiras ou cubos ou podem até mesmo ser embalados inteiros. O corte visa uniformizar o tamanho dos pedaços, além de proporcionar uma melhor acomodação dos pedaços na embalagem, além de assegurar um tratamento térmico mais eficiente e o perfeito equilíbrio líquido-fruto.

Branqueamento

Pode ser utilizado vapor em um banho-maria ou água quente. Contudo é preferível que se faça o branqueamento a vapor, que evita a perda de vitaminas hidrossolúveis pelo uso da água quente diretamente. Tem como objetivo principal inativar as enzimas que possam causar escurecimento no produto, reduzir a carga microbiana, remover gases, melhorar o sabor e o odor dos frutos. As principais desvantagens são as perdas nutricionais.

No caso da elaboração de doces em massa, em que o escurecimento é desejado, fica opcional o uso do branqueamento.

Enchimento das embalagens e cobertura com xarope

No enchimento, a quantidade de frutas dentro de cada embalagem deve ser constante; o constituinte sólido deve encher a embalagem o máximo possível sem danificar os pedaços. O nível de enchimento está relacionado com o tratamento térmico. O líquido de cobertura deve deixar na embalagem um espaço livre suficiente para absorver a dilatação do produto durante o aquecimento, evitando-se, assim, deformações da embalagem. Deve-se respeitar o espaço do *head space* na embalagem.

As compotas são embaladas em embalagens de vidro ou latas de folha de flandres.

O enchimento pode ser feito manual ou mecanicamente de forma a preencher todos os espaços vazios entre os pedaços.

Exaustão / Fechamento / Tratamento térmico

A exaustão é a retirada do ar do conteúdo das embalagens que visa basicamente: a) manter as extremidades das latas côncavas; b) reduzir o conteúdo de oxigênio presente para evitar a corrosão das latas; c) minimizar as reações químicas e evitar tensões excessivas nas latas durante o

tratamento térmico. As embalagens cheias e abertas devem entrar numa câmara de vapor para remover o ar dos tecidos da fruta e do interior da lata e produzir o vácuo necessário. Após este tratamento, as embalagens serão imediatamente fechadas e pasteurizadas em tacho aberto à temperatura de 100 °C por cinco minutos.

Resfriamento e armazenamento

A seguir, são resfriadas em água clorada até temperatura de 35 °C a 40 °C. O produto deve ser armazenado em local fresco e arejado.

7.4.2 Doce em pasta

O doce de fruta em pasta é o produto resultante do processamento adequado das partes comestíveis desintegradas de vegetais com açúcares, com ou sem adição de água, pectina, ajustador de pH e outros ingredientes e aditivos permitidos até obtenção de um produto de consistência apropriada, sendo, finalmente, acondicionado de forma a assegurar sua perfeita conservação.

Partes comestíveis de vegetais são aquelas provenientes de vegetais (frutas, tubérculos), frescos, congelados, desidratados, em conserva, ou por outros meios preservados, no seu estado natural ou desintegrados por processos tecnológicos adequados; assim, os doces em pasta poderão apresentar, eventualmente, pedaços de vegetais (CORTEZ; HONÓRIO; MORETTI, 2002).

O produto pode ser denominado de acordo com a consistência e a matéria-prima a ser utilizada.

Quanto à consistência, o doce de fruta pode ser cremoso ou em massa. O doce de fruta cremoso ou em pasta é assim denominado quando a pasta obtida tem consistência macia, não oferecendo resistência ao corte. Já o doce de fruta em massa apresenta uma consistência firme, possibilitando o corte.

Em relação à matéria-prima utilizada, o doce pode ser denominado simples quando preparado com uma única fruta, e misto quando preparado com a mistura de mais de uma espécie vegetal.

A formulação do doce de fruta em pasta utiliza, além das frutas e do açúcar, adição de água, ácido e pectina, para conferir a consistência desejada. A etapa de concentração é realizada até atingir o °Bx adequado, lembrando a possibilidade de obter produto de consistência cremosa ou de corte (CORTEZ; HONÓRIO; MORETTI, 2002).

O uso das proporções 60% – 70% de partes vegetais e 30% – 40% de açúcares tem sido cada vez mais testado em trabalhos científicos e a doçura do açúcar pode ser reduzida por meio da adição de glicose (até 15%) em substituição a sacarose, contribuindo para a qualidade do produto final (SOUZA; OLIVEIRA; FEITOSA, 2018).

As frutas utilizadas para este tipo de doce podem ser aquelas descartadas na linha de produção de doce em calda ou compota, como pedaços, fatias e recortes que, mesmo com boa qualidade, não foram aproveitados no processamento. Em indústrias que processam diferentes tipos de doces este aproveitamento aumenta o rendimento da fruta e diminui o custo do produto.

O processamento do doce em pasta apresenta, em geral, as seguintes etapas de processamento: seleção, lavagem, descascamento, despolpa, adição de açúcar e pectina, concentração, acidificação, resfriamento, corte e embalagem descritas a seguir.

Seleção, lavagem e descascamento

As etapas se processam de forma similar ao descrito para o doce de fruta em calda.

Despulpamento

Após a operação de pré-aquecimento ou branqueamento (opcional) é obtida a polpa de fruta. O despulpamento pode ser realizado em despulpadeiras, cujo diâmetro dependerá do tipo de fruta a ser processado e de suas características. Também é possível obter a polpa de frutas como, por exemplo, bananas, juntamente com água quente, colocadas em um liquidificador industrial por cinco minutos com a finalidade de realizar desintegração das mesmas.

Formulação

Na formulação, são feitos os cálculos e a pesagem dos ingredientes a serem utilizados, levando-se em conta que a quantidade

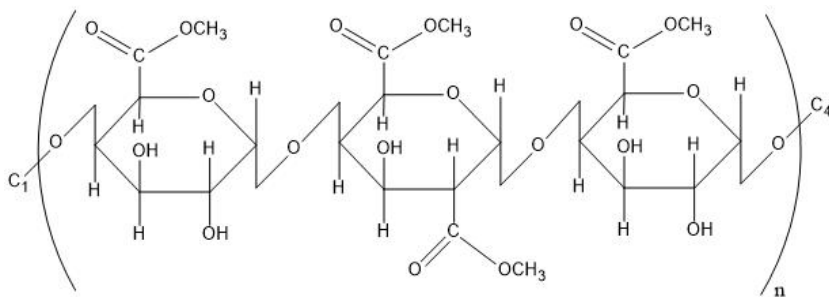
de açúcar utilizada deve ser igual ou menor que a quantidade dos ingredientes vegetais.

A formulação também é um procedimento em que são adicionados ingredientes ao doce que podem contribuir para o ponto final com as características desejadas no produto. Este ponto de corte é, geralmente, uma função da acidez do meio e do teor de pectina. Em alguns casos o teor de pectina natural da fruta é suficiente para conseguir o ponto de corte, porém, em geral, uma quantidade extra de pectina deve ser adicionada para se obter o efeito desejado de corte. Essa quantidade varia entre 0,5% a 1% do peso do material que deverá ser concentrado.

Pectina é o polissacarídeo conhecido há mais tempo e, até hoje, o mais importante na indústria de alimentos, que o utiliza na forma de pó como ingrediente para fabricação de geleias (BOBBIO; BOBBIO, 1995). Junto com a celulose e hemicelulose, formam o material estrutural das paredes celulares dos vegetais (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

As pectinas são ácidos pectínicos solúveis em água com número de metoxilas esterificadas e grau de neutralização variáveis (BOBBIO; BOBBIO, 1995). Um aspecto que diferencia as pectinas entre si é o seu conteúdo de ésteres metílicos e o grau de esterificação que diminui com o amadurecimento dos frutos. A pectina é formada por unidades de ácido D-galacturônico unidos por ligações α -1,4 (Figura 1).

Figura 1 – Estrutura da pectina



Fonte: Elaborada pelos autores.

As pectinas se localizam nos tecidos pouco rijos, como albedo das frutas cítricas (BOBBIO; BOBBIO, 1995). Nas frutas tropicais os teores são variáveis, como mostra o quadro a seguir.

Quadro 1 – Teor de pectina de frutas tropicais

Fruta	Pectina total (%)	Fonte
Açaí (<i>Euterpe oleracea</i> Mart.)	0,67	Alves <i>et al.</i> (2005)
Araçá-boi (<i>Eugenia stipitata</i>) – amarelo maduro	0,39	Alves <i>et al.</i> (2005)
Bacuri (<i>Platonia insignis</i> Mart.) – amarelo maduro	0,30	Alves <i>et al.</i> (2005)
Cacau (<i>Theobroma cacao</i>)	0,57	Alves <i>et al.</i> (2005)
Cajá (<i>Spondias lutea</i> L.) – amarelo maduro	0,35	Alves <i>et al.</i> (2005)
Cupuaçu (<i>Theobroma grandiflorum</i>)	0,43	Alves <i>et al.</i> (2005)
Mangaba (<i>Hanconia speciosa</i> Gomes)	0,54	Alves <i>et al.</i> (2005)
Pinha (<i>Annona squamosa</i> L.)	0,66	Alves <i>et al.</i> (2005)
Manga (<i>Mangifera indica</i> var. Coquinho)	0,90	Soares Júnior, Maia e Nelson (2003)
Graviola (<i>Annona muricata</i> L.)	0,54	Lima, Alves e Filgueiras (2006)
Goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.)	0,99	Carvalho <i>et al.</i> (2001)
Acerola (<i>Malpighia emarginata</i> D.C.)	1,15	França e Narain (2003)
Mamão 'Formosa' (<i>Carica papaya</i> L.)	0,59	Teixeira <i>et al.</i> (2001)

Fonte: Elaborada pelos autores.

Um teste rápido para identificação do teor de pectina em frutos é descrito por Krolow (2005). Em um recipiente limpo adiciona-se 5 ml de suco ou polpa da fruta e 15 ml de álcool etílico a 95 °GL, agita-se a mistura por dois minutos e observa-se: se houver formação de coágulo transparente e firme, a fruta possui alto teor de pectina; se houver formação de coágulo frágil, mais ou menos gelatinoso, que se rompe e divide em dois ou três pedaços quando é feita uma agitação leve, a fruta possui teor médio moderado de pectina; se houver formação de precipitado filamentososo granulado, que se rompe em vários pedaços com agitação bastante leve, a fruta possui baixo teor de pectina.

As pectinas em água dão soluções altamente viscosas, mesmo em baixas concentrações, em presença de sacarose e ácido; em proporções

adequadas, formam géis muito estáveis (BOBBIO; BOBBIO, 1995). São hidrolisadas e degradadas por ácidos e álcalis (BOBBIO; BOBBIO, 1992).

As pectinas são comercialmente classificadas em pectinas de alto teor de grupos metoxílicos (ATM), quando possuem acima de 50% de seus grupos carboxílicos esterificados, e de baixo teor (BTM), quando possuem 50% ou menos de seus grupos carboxílicos esterificados. Apresentam-se na forma de pó, com umidade inferior a 10% ou na forma de concentrados.

Se a pectina for utilizada visando aumentar o rendimento do produto, deve-se atentar para o teor final de sólidos solúveis totais do doce cremoso, que deve ficar entre 55 °Bx e 64 °Bx e com aparência cremosa e não gelatinosa, pois, com maior teor de sólidos solúveis, há grande possibilidade de descaracterizar o produtor sensorialmente (SOUZA; OLIVEIRA; FEITOSA, 2018).

Na etapa de formulação também são adicionados os conservantes químicos que garantem a estabilidade do produto e previnem o aparecimento de fungos.

Cozimento (tratamento térmico)

A polpa de fruta após formulação é encaminhada para o cozimento, realizado em tacho de aço inox com camisa de vapor para o fornecimento de calor, sob agitação constante.

A fase de aquecimento tem como objetivos principais: a) a completa dissolução e mistura dos componentes; b) cocção dos diversos componentes visando à obtenção da coloração, sabor e aroma característicos do produto; c) evaporação de parte da água presente, a fim de garantir consistência e/ou conservação adequadas; e d) tratamento térmico do produto para eliminação da maioria dos microrganismos presentes. A determinação do ponto final da cocção também pode ser feita por refratometria ou temperatura de ebulição.

Alguns doces, como o de banana, são submetidos ao cozimento em etapas. São cozidos por cerca de dez minutos; após este período, desliga-se o aquecimento e deixa o produto descansar durante aproximadamente três horas. Este intervalo é necessário para que, através de reações enzimáticas de escurecimento, o produto atinja a coloração desejada.

Ao final do período de repouso, o doce retorna para o aquecimento até atingir o ponto final.

Embalagem

Depois de concentrado, o produto é colocado em embalagens, sendo as mais comuns as latas chatas (cilíndricas – 158 mm x 39 mm) e plásticas no mesmo diâmetro, os pacotes (pedaços cortados uniformemente e embalados em celofanes), embalagens maiores de madeira, com o produto envolvido em plástico ou celofane (ainda utilizados em doces artesanais) e, ultimamente, em embalagens cartonadas (MEDINA *et al.*, 1978; BORGES *et al.*, 1997).

7.4.3 Geleia de fruta

Geleia de fruta é o produto obtido pela cocção de frutas, inteiras ou em pedaços, polpa ou suco de frutas, com açúcar e água e concentrado até consistência gelatinosa.

O produto deve ser preparado de frutas sãs, limpas, isentas de matéria terrosa e de fermentação. Poderá ser adicionado de glicose ou açúcar invertido na elaboração. Não deve conter substâncias estranhas à sua composição normal, exceto as previstas na legislação. A geleia deve estar isenta de pedúnculos e de cascas, mas pode conter fragmentos da fruta, dependendo da espécie empregada no preparo do produto. Não pode ser colorida e nem aromatizada artificialmente.

É permitida a adição de acidulantes e de pectina para compensar qualquer deficiência no conteúdo natural de pectina ou de acidez da fruta. Sensorialmente, as geleias devem apresentar-se sob o aspecto de bases gelatinosas, de consistência tal que, quando extraídas de seus recipientes, sejam capazes de se manterem no estado semissólido. As geleias transparentes, que não contiverem em sua massa pedaços de frutas, devem, ainda, apresentar elasticidade ao toque, retornando à sua forma primitiva após ligeira pressão. A cor e o cheiro devem ser próprios da fruta de origem. O sabor deve ser doce, semiácido, de acordo com a fruta de origem.

Para obtenção do gel é necessário que haja sua formação, que é um fenômeno coloidal em que fazem parte a pectina, a concentração de açúcar e o ácido. Estes constituintes têm como função principal:

Açúcar: O açúcar, além de dar forma à geleia, age como preservador, evitando que o produto se deteriore com facilidade. Ele também melhora o sabor da geleia, aumenta o rendimento e o seu grau de maciez. Durante a cocção, a sacarose sofre em meio ácido um processo de inversão que a transforma parcialmente em glicose e frutose (açúcar invertido). Essa inversão parcial de sacarose é necessária para evitar a cristalização que pode ocorrer em determinada ocasião durante o armazenamento do produto final.

Pectina: Constitui o elemento fundamental necessário à formação do gel e deverá ser adicionada quando a fruta não é suficientemente rica em pectina, dentro de certos limites.

Ácido: A acidez nas frutas é variável e depende do tipo e da quantidade de ácido presente. Como a formação do gel está relacionada com o pH do suco ou da polpa de fruta, algumas frutas, mesmo consideradas ácidas, necessitam da adição de acidulante para que o gel se forme. Dentre os ácidos empregados, o ácido cítrico é o mais utilizado devido ao seu sabor agradável. O ácido deverá ser adicionado para o ajuste de pH, para 3,2 quando necessário.

A resistência da geleia é um fator importante a ser observado, visto que extremos como rigidez ou amolecimento são indesejáveis no produto. O pH ótimo para obtenção de uma geleia é entre 3,0 – 3,2. Com relação à adição de açúcar, a quantidade ótima de sacarose é de 67,5%, sendo que teores superiores ou inferiores a esta concentração podem levar à cristalização ou consistência amolecida. A quantidade ótima de pectina para formação do gel depende da sua qualidade. Para pectina na forma de pó, considera-se como ótima a adição de 1% em relação à massa de açúcar usada na formulação.

Observando estes parâmetros, segue a descrição de alguns detalhes a serem observados na elaboração de geleia de frutas.

Lavagem / Seleção

A limpeza consiste em remover as sujidades e contaminantes que se encontram junto com as frutas. O método mais simples e também o

mais usado consiste em um banho de imersão em água limpa, de preferência clorada. A lavagem pode ser feita também por agitação em água ou aspersão, sendo esse processo bastante recomendado. O método mais eficiente é o processo combinado de lavagem, que é executado em equipamentos que incluem unidade de imersão, aspersão e escoamento da água de lavagem.

Descascamento

Esta operação pode ser executada tanto manual como mecanicamente, dependendo do tipo de fruta e da infraestrutura da indústria. O descascamento manual pode ser com o auxílio de facas em inox, sendo que o rendimento e os resultados podem ser muito bons quando efetuados com funcionários treinados. O descascamento mecânico pode ser feito por corte da pele ou casca, ou por raspagem da pele ou casca por abrasivos. As frutas para serem descascadas automaticamente devem ser o mais uniforme possível quanto ao tamanho e à forma, a fim de facilitar a regulação da máquina.

Despolpamento / Extração

O despolpamento é feito em despolpadeiras, que tem por finalidade separar a polpa do material fibroso, caroços, semente e, algumas vezes, da casca. O despolpamento pode ser feito em três estágios, dependendo do grau de refinamento da polpa que se deseja e do tipo de fruta.

Cocção

Devem ser adicionados apenas 1/3 da sacarose total a ser utilizada. Deverá ser feita em tacho aberto por três a quatro minutos. Este processo serve para que o calor favoreça a inversão da sacarose.

Concentração

Podem ser efetuadas em tachos abertos ou a vácuo. Nas pequenas indústrias, é mais comum o emprego de tachos abertos no processamento de geleia. O tempo total de cocção por este processo não deve exceder a 20 minutos, a fim de evitar a excessiva inversão da sacarose e caramelização do açúcar.

Adição de pectina, ácido e 2/3 do açúcar

Quando estiver perto do ponto final, adicionar os 2/3 restantes do açúcar (a quantidade de sacarose deve ser maior do que a de açúcar

invertido), a pectina e o ácido (para o ajuste do pH até 3,2 caso seja necessário). O tempo restante para a etapa seguinte é de 15 a 20 minutos.

Determinação do ponto final

O ponto final pode ser verificado pelo índice de refração, que deve estar em torno de 66 °Bx, ou pelo teste da colher. Este teste consiste em retirar com o auxílio de uma colher uma pequena porção de geleia, incliná-la e deixá-la escorrer: a) se escorrer em forma de fio ou formar gotas a geleia não está no ponto; b) se ficar parcialmente solidificada ou escorrer sobre a fórmula de lâminas ou flocos limpos, a concentração está no ponto desejado.

Fechamento

Após o enchimento, os vidros devem ser fechados imediatamente. As tampas para os vidros são feitas de metal, providas de anéis vedantes, permitindo o fechamento hermético tanto manual como mecânico.

Inversão dos recipientes

Os vidros de geleia que forem fechados à temperatura igual ou superior a 85 °C não necessitam ser esterilizados, caso seja realizado o procedimento de inversão dos frascos, pois a própria geleia quente promove o tratamento térmico das embalagens e suas tampas. Quando o enchimento ocorrer a temperaturas inferiores a 85 °C, é indispensável o tratamento térmico das embalagens.

Resfriamento

As geleias que sofreram esterilização ou foram embaladas a quente devem ser resfriadas logo em seguida, porém não com excessiva rapidez. As geleias completamente resfriadas são rotuladas e acondicionadas em caixas próprias para transporte.

Armazenamento

O armazenamento das geleias deve ser feito em local fresco e ao abrigo da luz, a fim de evitar alteração de cor nos produtos. A vida de prateleira das embalagens de vidro é de doze meses e para as de plástico o tempo é de seis meses.

7.5 Aspectos de qualidade dos produtos processados

No produto final (compotas, doces em pasta, geleias etc.), devem ser observados os seguintes aspectos de qualidade:

A cor é um atributo importante, pois caracteriza o fruto e deve ser preservada durante o processamento;

Aroma e sabor distinguem um fruto do outro. Os componentes do aroma de frutos tropicais em geral são sensíveis ao calor e o processamento deve levar em conta essa limitação;

O rendimento em produto final é uma característica importante para a determinação do custo do processo. É importante classificar a matéria-prima observando o rendimento de polpa, teor de sólidos solúveis e acidez.

7.6 Processos produtivos de doce em calda, doce em pasta e geleia de frutas tropicais

7.6.1 Doce de goiaba em calda

As goiabas devem ser recebidas e classificadas na indústria de processamento, observando-se sempre os requisitos de qualidade já citados anteriormente. Destaca-se que, no caso das frutas em calda, como o consumidor pode observar o aspecto das frutas utilizadas através da embalagem, é necessário um cuidado maior na etapa de seleção, visto que frutos amassados ou passados darão ao produto final uma apresentação ruim.

Após a classificação e a seleção, as goiabas são lavadas em tanques contendo água clorada com 50 ppm de cloro residual por imersão durante 15 minutos. O preparo da solução de clorada a partir do hipoclorito de sódio pode ser feito utilizando a seguinte regra:

A concentração de 1% de hipoclorito de sódio corresponde a 10.000 ppm de cloro livre.

Exemplo:

Deseja-se preparar 100 L de água clorada com 100 ppm de cloro livre, a partir de solução de hipoclorito de sódio a 2,0% (água sanitária comum).

Dados:

Concentração hipoclorito de sódio (**C1**) = 2,0% (utilizando a regra teremos: 2,0% = 20.000 ppm)

Volume a ser utilizado (**V1**) = ?

Volume desejado para o preparo (**V2**) = 100 L

Concentração desejada final (**C2**) = 100 ppm

Cálculo de volume:

$$C1 \times V1 = C2 \times V2$$

$$20.000 \text{ (ppm)} \times V1 = 100 \text{ L} \times 100 \text{ ppm}$$

$$V1 = \frac{100 \times 100}{20.000}$$

$$V1 = 0,5 \text{ L ou } 500 \text{ ml}$$

Para a produção de goiaba em calda, o rendimento previsto é de 50%. Para o processamento de 10 kg de doce em calda, a quantidade de goiabas descascadas e sem sementes a serem utilizadas fica em torno de 20 Kg.

As goiabas em calda em geral são descascadas quimicamente com hidróxido de sódio 2% a 90 °C por dois minutos, seguindo-se a lavagem em água corrente e neutralização com ácido cítrico a 0,25%. O descascamento manual também pode ser aplicado, mas este é mais demorado; requer maior mão de obra e o rendimento é mais baixo. Após descascamento, os frutos são cortados ao meio com o auxílio de facas inox e as sementes retiradas com colheres. Após a retirada das sementes é feita uma nova lavagem para retirada dos resíduos do corte.

O xarope é preparado à parte, com água e açúcar cristal puro, em proporção suficiente para atingir o °Bx de equilíbrio de 35 °Bx. Para o preparo de 10 Kg de xarope, utiliza-se 3,5 L de água e 6,5 Kg de açúcar. A substituição de 25% dos sólidos por xarope de glicose pode ser realizada. O xarope deve ser acidificado, utilizando ácido cítrico, de forma que o pH da fruta fique em torno de 3,7.

Os pedaços de goiaba são então acondicionados manualmente na embalagem e o xarope é adicionado, na temperatura de 90 °C, até completo preenchimento dos espaços vazios entre os pedaços de goiaba. Após este procedimento, é feita a exaustão que pode ser feita através de banho-maria por cinco a dez minutos. As embalagens cheias e abertas são colocadas no recipiente do banho-maria, onde os vidros devem ter $\frac{3}{4}$ de sua altura submersas em água em ebulição.

Após a exaustão, realizar o fechamento total das embalagens e deixá-las submersas totalmente para o tratamento térmico no banho-maria por 15 minutos para embalagens de 500 ml, 30 minutos para embalagens de 1000 ml e 60 minutos para embalagens de 2000 ml. O resfriamento é feito fazendo-se circular água fria clorada até temperatura de 35 °C. Os frascos secos são rotulados e devem ser armazenados em ambiente seco e ventilado.

7.6.2 Doce de banana em pasta

Bananas recebidas na planta de processamento devem ser selecionadas de acordo com seus atributos de qualidade (grau de maturação, amassamento, sanidade etc.) observando-se que, para o processamento do doce em pasta, o aspecto visual das frutas não é o atributo mais importante. Em seguida, as bananas são lavadas por imersão em água clorada (50 ppm de cloro ativo/15 min) e descascadas manualmente. As bananas são aquecidas durante dez minutos em pré-cozinhadores com injeção de vapor direto, com a finalidade de amolecer a polpa, facilitar sua desintegração e evitar o escurecimento.

As frutas são trituradas em desintegradores do tipo facas rotativas, munidas de peneiras de perfuração $\frac{3}{4}$ ", e passadas em despulpadeira provida de tela com malha de 0,5 mm, onde é feita a separação do material fibroso. Também é possível obter a polpa de banana juntamente com água quente em um liquidificador industrial por cinco minutos.

Desejando-se processar 30 Kg de bananas, são necessários 20 Kg de açúcar, 50 g de ácido cítrico, 30 g de pectina. O rendimento esperado é de 50 – 60%, considerando frutos de peso médio de 70 g e polpa com 16 °Bx.

Adiciona-se a polpa e o açúcar no tacho de concentração, separa-se uma parte do açúcar para misturar a pectina na proporção de uma parte de pectina para cinco partes de açúcar. Concentra-se a mistura polpa/açúcar com agitação até 70 °Bx. Mistura-se a pectina com o açúcar dissolvida na água e adiciona-se a mistura polpa/açúcar. Continua-se a concentração até 75 °Bx e adiciona-se o ácido cítrico dissolvido em água até atingir o °Bx desejado. Para o doce tipo mariola a concentração vai até 83 °Bx. No ponto final, o produto desprende-se da superfície de aquecimento.

O produto é descarregado em formas de aço inox e transportado para a sala de embalagem; as formas com o produto são colocadas em prateleiras e o resfriamento é feito à temperatura ambiente. O doce resfriado é cortado em blocos com o auxílio de um cortador de aço inox, embalado e armazenado.

7.6.3 Geleia de caju

Os pedúnculos de caju destinados à fabricação de doces devem estar completamente sãos e maduros, com um teor de sólidos solúveis entre 10,5 a 11,5 e não devem ser azedos, não importando se estes sejam do tipo vermelho ou amarelo. Os pedúnculos de caju são recebidos na plataforma de processamento e selecionados de acordo com os critérios de qualidade descritos anteriormente. O pedúnculo enviado para o processamento deve ter sido submetido previamente à etapa de descas-tanhamento, onde é feita a separação da castanha do pedúnculo.

Após a chegada do pedúnculo, é feita uma primeira lavagem com água de boa qualidade com o objetivo de remover sujidades grosseiras, seguida de uma seleção realizada em mesas de aço inox ou esteiras de seleção. Os pedúnculos são então lavados novamente com solução de água clorada na concentração de 100 ppm e enxaguados em água corrente.

No caso dos pedúnculos de caju, a etapa de descas-camento não se faz necessária e eles seguem diretamente para um triturador industrial onde são dilacerados sem o corte transversal de suas fibras. Para facilitar a extração do suco, extrair pectina e inativar enzimas é feito um

cozimento em tachos de inox abertos a uma temperatura branda por meio de vapor; esta operação é seguida de uma filtração em peneiras. O uso de suco de caju clarificado fornece uma geleia de cor mais clara e aspecto límpido.

Na formulação da geleia de caju, para cada 2,0 Kg de suco são utilizados 3,0 Kg de açúcar, 50 g de pectina e 10 g de ácido cítrico dissolvido em 10 ml de água.

É feita a mistura do suco com parte do açúcar no tacho de concentração. Separa-se uma parte do açúcar para misturar com a pectina, na proporção de uma parte de pectina para cinco de açúcar. Inicia-se o cozimento. Após um período avançado de cozimento, adiciona-se a mistura pectina/açúcar. Continua-se o cozimento e perto do final da concentração é feita a adição de ácido cítrico dissolvido. O processo de cozimento é realizado até que se atinja 67 °Bx. O tempo de concentração dura em torno de 15 minutos. O ponto final da geleia pode ser observado com o uso do refratômetro ou por meio do teste da colher.

A geleia de caju deve ser embalada em embalagens limpas e novas imediatamente após o ponto final. É recomendável que, após o envase, as embalagens sejam tampadas e os potes sejam invertidos para que o calor esterilize as tampas. No caso do uso de embalagens plásticas é necessária uma máquina termossoldadora para selar um filme alumínio na borda do pote, garantindo um bom fechamento da embalagem e evitando que a mesma seja aberta durante a comercialização, diminuindo o risco de contaminação.

Caso a etapa de fechamento seja feita em temperatura inferior a 85 °C, as embalagens devem ser submetidas a um tratamento térmico a 82 °C por 30 minutos. O resfriamento das embalagens é feito por imersão dos recipientes em água clorada à temperatura decrescente (60 °C, 30 °C e 10 °C). Os recipientes são rotulados e armazenados em local fresco e ao abrigo da luz.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R. E. *et al.* *Produção de fruteiras nativas*. Fortaleza: Instituto Frutal, 2005. 213 p.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. *Química do processamento de alimentos*. São Paulo: Varela, 1992. 151 p.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. *Introdução à química de alimentos*. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995. 231 p.
- BORGES, A. L. *et al.* *O cultivo da banana*. Cruz das Almas: Embrapa-CNPMP, 1997. 109 p. (Circular Técnica, 27).
- BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução de Diretoria Colegiada – RDC Nº 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. *Diário oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005.
- CARVALHO, H. A. *et al.* Efeito da atmosfera modificada sobre componentes da parede celular da goiaba. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 25, n. 3, p. 605-615, 2001.
- CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. Resfriamento de frutas e hortaliças. *In*: JORGE, J. T. *Processamento de frutas e hortaliças*. Brasília: Embrapa, 2002. cap. 19, p. 412-428.
- FRANÇA, V. C.; NARAIN, N. Caracterização química dos frutos de três matrizes de acerola (*Malpighia emarginata* D.C.). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, n. 2, p. 157-160, 2003.
- KROLOW, A. C. R. *Preparo artesanal de geleias e geleadas*. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 29 p. (Documentos, 138).
- LIMA, M. A. C.; ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. Mudanças relacionadas ao amaciamento da graviola durante a maturação pós-colheita. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 12, p. 1707-1713, 2006.
- LOPES, R. L. T.; FILGUEIRAS, H. A. C.; CARDOSO, M. P. *Manual para fabricação de geleias*. Belo Horizonte: Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais/CETEC, 1985. (Série de Publicações Técnicas).

LUBIANA, E. B. *Geleia, geleiadas e geleias diet*. Vitória: Incaper, 2002. 56 p. (Documentos, 115).

MEDINA, C. J. *et al. Banana: da cultura ao processamento e comercialização*. Campinas, 1978. 197 p. (ITAL; Série Frutas Tropicais, 3).

SOARES JÚNIOR, A. M.; MAIA, A. B. R. A.; NELSON, D. L. Estudo do efeito de algumas variáveis de fabricação no perfil texturométrico do doce de manga. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 23, n. 1, p. 76-80, 2003.

SOLER, M. P. *et al. Frutas: compotas, doce em massa, geleias e frutas cristalizadas para micro e pequena empresa*. Campinas: ITAL, 1995. 73 p.

SOUZA, R.; OLIVEIRA, E.; FEITOSA, B. *Tecnologia e processamento de frutas: doces, geleias e compotas*. Natal: IFRN, 2018. 316 p.

TEIXEIRA, G. H. A. *et al. Processamento mínimo do mamão 'Formosa'*. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 21, n. 1, p. 47-50, 2001.

8. PROCESSAMENTO DE POLPAS, SUCOS E NÉCTARES DE FRUTAS

8.1 Introdução

A conservação de frutas na forma de sucos, polpas e outros produtos foi desenvolvida para aumentar a oferta das mesmas e para utilização dos excedentes de produção, todavia, com a tecnologia disponível, o mercado de polpas de frutas tem tido crescimento razoável e apresenta grande potencial mercadológico em função da variedade de frutas com sabores exóticos bastante agradáveis, porém, devido à inexistência de padrões para todos os tipos de frutas, encontram-se no mercado produtos sem uniformidade.

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Refrigerantes e Bebidas não Alcoólicas (ABIR, 2019), o consumo per capita de néctares de frutas passou de 3,9 L/habitante/ano, em 2010, para 5,31 L/habitante/ano, em 2017.

Apesar do baixo consumo, o mercado interno de sucos tem apresentado uma tendência ascendente de consumo em razão dos seguintes fatores: o consumidor deseja maior diversificação na oferta de produtos com melhor aroma, sabor, cor e valor nutritivo; o baixo consumo per capita; o apelo saudável dos sucos de frutas é importante, uma vez que as pessoas acreditam nas suas propriedades funcionais. Uma importante característica do mercado brasileiro de sucos de frutas é sua extraordinária oferta dos mais variados tipos de sucos (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

A combinação de crescimento do consumo interno e externo de sucos e polpas e a enorme variedade de frutas tropicais passíveis de exploração e de desenvolvimento no Brasil são abertas ao país como janela de oportunidades no que diz respeito à produção e às exportações de sucos e polpas. Sabe-se que o Brasil exporta relativamente pouco suco e

polpas de frutas tropicais, havendo uma tendência para a melhoria desta situação em razão da utilização de variedades próprias para a industrialização e a adoção de tecnologias modernas de produção. Elementos adicionais como políticas públicas que elevem os incentivos à produção e minimizem as barreiras comerciais impostas pelos importadores potenciais poderão ser também responsáveis pela maior participação do Brasil no agronegócio mundial de sucos e polpas.

8.2. Polpa de fruta

A utilização da polpa de fruta é quase sempre como matéria-prima para processamento de outros produtos como néctares, sucos, geleias, sorvetes e doces. Geralmente, as polpas são comercializadas em embalagens flexíveis (sacos plásticos de polietileno) ou em tambores de 200 litros com plásticos na parte interna.

A produção de polpa de fruta congelada teve início na Região Nordeste e expandiu-se por outros estados. O nível tecnológico empregado no setor mostra grande variação de conformidade com a empresa, podendo haver variação na qualidade do produto.

Além do congelamento, que é o método mais utilizado para produção de polpa de fruta no Brasil, existem outras técnicas que podem ser utilizadas, tais como: pasteurização na embalagem, pasteurização seguida de enchimento a quente (*Hot Fill*), pasteurização com adição de conservadores químicos e esterilização com envase asséptico. O tipo de técnica depende do tipo de produto final que se deseja obter, bem como da forma de comercialização.

De acordo com a definição estabelecida pela Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018, do Ministério da Agricultura e do Abastecimento, que aprovou o Regulamento Técnico Geral para fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade para polpa de fruta, que é o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, através de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível da fruta, o teor mínimo de sólidos totais será estabelecido para cada polpa de

fruta específica. A polpa de fruta será obtida de frutas frescas, sãs e maduras com características físicas, químicas e sensoriais da fruta. Esta Instrução Normativa ainda estabelece que a polpa de fruta poderá ser adicionada de acidulantes como reguladores de acidez, conservadores químicos e corantes naturais, nos mesmos limites estabelecidos para sucos de frutas, ressalvados os casos específicos (BRASIL, 2018a).

A princípio, elabora-se a polpa a partir de qualquer fruto, contudo os melhores resultados, do ponto de vista sensorial, são obtidos de frutos polposos com sabor e aroma acentuados.

A qualidade da polpa depende, em grande parte, da qualidade da matéria-prima, a qual está relacionada às características químicas, físico-químicas, sensoriais e microbiológicas. É evidente que o tamanho e a forma, como parâmetros de qualidade de uma dada matéria-prima, não são tão importantes nesse processo como seriam para o fruto comercializado na forma in natura. Assim, a matéria-prima deverá ser colhida no estágio de maturação adequado, a fim de que se possa preservar o aroma, a cor e o sabor característicos da fruta. É preciso evitar ainda o manuseio descuidado, o que provoca danos mecânicos, os quais aceleram as transformações degradativas e criam portas de entrada para microrganismos. Como característica de fundamental importância da matéria-prima, especialmente de saúde pública, destaca-se a microbiológica, a qual deverá apresentar níveis de contaminação dentro de padrões aceitáveis.

8.3 Descrição do processo produtivo de polpa de fruta

As operações envolvidas no preparo do fruto e extração da polpa serão tratadas, a seguir, de forma separada do processo como um todo, tendo em vista que são comuns para todos os métodos de preservação de polpa de fruta.

RECEPÇÃO – A matéria-prima recebida para industrialização deverá ser inspecionada com relação aos aspectos gerais, de acordo com

os critérios estabelecidos para cada fruto, para atender as especificações do comprador. Nesta fase efetua-se a pesagem da matéria-prima recebida para efeito de pagamento, estatísticas de produção ou cálculo de rendimento. Cumpre registrar a origem da matéria-prima identificando a região ou o produtor.

1ª LAVAGEM – A operação de lavagem prévia dos frutos objetiva reduzir a carga microbiana da superfície dos frutos e os resíduos de pesticidas ou remover qualquer material estranho. Na lavagem prévia é suficiente o uso de água potável não clorada e o sistema adotado varia de acordo com as instalações e o volume de matéria-prima a ser lavada. A utilização de água clorada, na 1ª lavagem, revela-se inoportuna devido à grande quantidade de matéria orgânica presente na superfície dos frutos, o que causaria um consumo desnecessário de cloro.

SELEÇÃO – Na operação de seleção retiram-se os frutos com defeitos, ou seja, aqueles em estágio de maturação inadequado, com excessivos danos mecânicos, com aroma alterado, com crescimento aparente de fungos, presença de parasitas (insetos), entre outros.

2ª LAVAGEM E SELEÇÃO FINAL – Cumpre utilizar, em geral, na segunda lavagem, água clorada, em torno de 100 mg/l de cloro residual por cerca de dois minutos, deixando os frutos imersos nesta solução. Vale certificar-se de que os frutos não apresentem dilacerações ou outras aberturas pelas quais a água clorada possa penetrar no interior do fruto e conferir sabor estranho no produto final. Os frutos sofrem uma seleção final, retirando os que porventura possam ter passado despercebidos pela seleção inicial. Após a lavagem com água clorada, havendo necessidade, faz-se um enxágue com água normal.

DESCASCAMENTO / CORTE / RETIRADA DO CAROÇO OU SEMENTES – Estas operações podem ser necessárias ao processamento de determinados frutos. O descascamento é indicado e imprescindível para frutos com casca grossa como, por exemplo, manga e abacaxi, quando se trata de operações em pequenas indústrias. Nas indústrias com padrão tecnológico adequado, essas operações são efetuadas concomitantemente ao despulpamento/extração, em máquinas apropriadas. Quando realizadas mecanicamente, as referidas operações

poderão provocar a incorporação de substâncias indesejáveis presentes na casca, o que exige um compromisso de não se exercer excessiva pressão de extração. Igualmente, fazem-se necessárias as operações de corte e retirada do caroço antes do despulpamento/extração, no caso de pequenas unidades de produção, sendo realizada manualmente. Nas indústrias com recursos tecnológicos, efetuam-se essas operações com máquinas específicas para cada fruto. Nos frutos que apresentam casca muito fina ou delgada e sementes pequenas essas operações são realizadas concomitantemente e, neste caso, a casca, por ser desprezível, é incorporada praticamente na polpa extraída.

BRANQUEAMENTO – O branqueamento ou inativação enzimática constitui-se uma operação a ser efetuada para garantir a estabilidade química e bioquímica do produto, evitando que haja alterações de cor, sabor e aroma, além de auxiliar no despulpamento em certas frutas. Essa operação poderá ser realizada com frutos inteiros descascados em tanques branqueadores, com água aquecida ou vapor, quando as unidades processadoras dispõem de baixos recursos tecnológicos. Nesse caso, o branqueamento tem a possibilidade de ser efetuado antes do despulpamento. Por outro lado, em se tratando de instalações tecnologicamente adequadas, essa operação poderá ser efetuada durante o despulpamento ou após, em trocadores de calor. Existe a possibilidade técnica de realizar-se uma operação de tratamento térmico, em trocador de calor, logo após o despulpamento que tenha os efeitos de branqueamento e pasteurização sobre o produto. Portanto, a ordem lógica das operações de branqueamento e desintegração/despulpamento é variável em função do nível tecnológico disponível e do tipo de fruto em questão.

DESINTEGRAÇÃO / DESPULPAMENTO – O sistema de desintegração e despulpamento de frutos para obtenção de polpas varia em função do tipo de fruta e da tecnologia empregada. Em qualquer caso, separa-se a polpa ou parte comestível da casca, sementes e partes fibrosas, após o corte, desintegração ou esmagamento do fruto, mediante a pressão do material desintegrado sobre uma tela com furos de diâmetros variáveis, o que define o grau de refinamento da polpa.

FORMULAÇÃO DA POLPA – É realizada em tanques de aço inoxidável, onde são retiradas amostras para determinações do pH e °Bx para, em seguida, ser formulada a polpa, ajustando-se o pH com ácido cítrico, a fim de garantir a eficácia do tratamento térmico. Finalizada a formulação, a polpa segue para o tanque de equilíbrio.

PRÉ-AQUECIMENTO / DESAERAÇÃO – A polpa é pré-aquecida antes de entrar no desaerador, onde é realizada a remoção do ar e do oxigênio absorvido durante o despulpamento, promovendo um bloqueio nas reações químicas e enzimáticas.

8.4 Métodos de preservação de polpa de fruta

8.4.1 Pasteurização (Processos de enchimento a quente e pasteurização na embalagem)

Neste método de preservação, uma vez obtida a polpa, segue o processo envolvendo as operações mencionadas no fluxograma (Figura 1) e descritas a seguir:

TRATAMENTO TÉRMICO – A polpa de frutos tropicais, em sua maioria, tem pH menor que 4,0 e, como tal, poderá ser tratada termicamente a temperaturas inferiores a 100 °C, ou seja, é submetida a uma pasteurização. A polpa pode ser pasteurizada antes do enchimento do produto (Processo de enchimento a quente ou *Hot Fill*) ou sofrer a pasteurização já embalada (Processo de pasteurização embalado ou *Hot Pack*). O primeiro processo pode ser procedido em tachos abertos, dotados de aquecimento com vapor e agitador, ou trocador de calor. A primeira opção é um recurso tecnológico inferior resultando em produto de qualidade inferior, utilizado, na maioria das vezes, somente na fabricação de doce em massa. Assim, o tratamento térmico em trocador de calor, onde é possível efetuar o aquecimento rápido, conduz à obtenção de um produto de boa qualidade. Nesse último caso, o binômio temperatura/tempo pode estar entre 88 °C e 95 °C por 40 a 60 segundos. É sabido que o efeito do tempo de exposição (tempo

de retenção) mostra-se mais importante para a qualidade do que a temperatura. Dessa forma, as temperaturas altas por tempos curtos provocam menores alterações nos alimentos que as temperaturas médias por tempos prolongados. O produto deve ser acondicionado na embalagem imediatamente após o tratamento térmico, através de enchedoras/dosadoras que dispensam volumes regulados. Logo após o enchimento, efetua-se o fechamento ou recravação da embalagem, mantendo a temperatura do produto, no momento do fechamento, não inferior a 85 °C. Cumpre promover, ainda, exaustão adequada necessária à obtenção de vácuo suficiente.

RESFRIAMENTO – O resfriamento da embalagem/produto precisa ser o mais rápido possível, até a temperatura inferior a 37 °C, tendo a finalidade de evitar o sobrecozimento do produto e crescimento de microrganismos termófilos. Essa operação constitui-se como sendo o ponto crítico do processo de enchimento a quente (*Hot Fill*). O tempo de resfriamento varia em função do tamanho e a forma do recipiente depende, dentre outros fatores, da existência ou não da agitação e da viscosidade do produto. Consta da imersão das embalagens em água com circulação (corrente) ou ainda utilizar o sistema de *spray* sobre as embalagens. Cumpre avaliar a temperatura final do resfriamento no “ponto frio” da embalagem. As embalagens maiores, em geral, levam mais tempo para resfriar do que as embalagens menores. A água de resfriamento deve ser clorada, para evitar uma possível recontaminação durante a operação, devido à possibilidade de ocorrer microvazamento.

ARMAZENAMENTO – Armazena-se o produto resfriado e seco externamente à temperatura ambiente, evitando-se, durante a estocagem, temperatura e umidade elevadas. A vida de prateleira com a retenção da qualidade desses produtos pode variar de 9 a 12 meses.

8.4.2 Processo asséptico

Este processo requer que o produto seja comercialmente estéril até o armazenamento. Adicionalmente, a embalagem também deve ser livre de microrganismos até o enchimento do produto e deve-se garantir

que o fechamento da embalagem será conduzido em ambiente estéril, para que não haja recontaminação do produto. Este método de preservação fundamenta-se no princípio da esterilização a alta temperatura e tempo curto e envase asséptico. A esterilização da linha de produção realizada antes de iniciar o processo é feita com vapor superaquecido à temperatura não inferior a 204 °C. Uma das vantagens desse processo é a minimização das mudanças indesejáveis no produto, provocadas pelo processo de aquecimento/resfriamento lento. Nesse processo, o produto é envasado em ambiente estéril.

TRATAMENTO TÉRMICO/RESFRIAMENTO – O tratamento térmico necessário à esterilização do produto é dado, usualmente, em trocadores de calor, sendo o de superfície raspada indicado quando se trata de produtos altamente viscosos. Os trocadores de calor tubular poderão ser utilizados desde que o grau de viscosidade do produto permita. Após o tratamento térmico, resfria-se o produto em trocador de calor a temperaturas ordinárias.

ENCHIMENTO/FECHAMENTO – Efetua-se o enchimento das embalagens primárias (assépticas), consistindo normalmente de “bags” compostos de polietileno e alumínio com uma “boca” de fechamento especial. Esses “bags” são enchidos já dentro de tambores, que funcionam como embalagem secundária. Em seguida, é feito o fechamento das embalagens em ambiente da linha (enchimento e recravação), mantendo estéril geralmente através de pressão positiva com vapor superaquecido ou gás inerte, que impede a entrada de ar contaminado no sistema.

ARMAZENAMENTO – O armazenamento da polpa de fruta obtida por este método de preservação precisa ser conduzido da mesma forma dos produtos processados através do processo *Hot Fill*, observando-se as condições gerais já especificadas.

Dentre as principais vantagens deste método de preservação de polpa de frutas, enumeram-se as seguintes: 1) melhoria de cor, sabor e aroma; 2) redução da perda de nutrientes; 3) eliminação do “ponto crítico” referente ao resfriamento posterior do produto já embalado; 4) utilização de recipientes grandes ou pequenos; 5) adequação aos produtos sensíveis ao calor; 6) possibilidade de ser utilizado com polpas de pH alto.

8.4.3 Preservação por congelamento

O método de preservação de polpa de frutas por congelamento constitui-se de um método por excelência com relação às propriedades químicas, nutricionais e sensoriais. Contudo, apresenta o inconveniente dos custos elevados de produção e armazenamento. Este método requer, para a distribuição do produto, uma cadeia de frio formada por túneis de congelamento, câmaras frigoríficas a $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e transporte refrigerado.

TRATAMENTO TÉRMICO – O tratamento térmico, como nos demais métodos de preservação, deve ser efetuado, preferencialmente, em trocadores de calor de modo semelhante ao descrito nos processos anteriores.

RESFRIAMENTO – Em se tratando de um produto a ser congelado em seguida, o resfriamento deverá ser eficiente e conduzir o produto à temperatura próxima de $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Isso é importante para evitar sobrecarga no sistema de congelamento ou reduzir o tempo necessário para o congelamento.

EMBALAGEM – O produto previamente resfriado é embalado usualmente em sacos plásticos de pequena capacidade, aproximadamente 100 g, e esses reunidos em uma embalagem secundária de 400 g.

CONGELAMENTO – O produto embalado deve ser preferencialmente congelado pelo processo criogênico, ou rápido a $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Contudo, nem sempre esse é o método de congelamento mais utilizado. Como alternativa, tem-se o congelamento em túneis ou câmaras de congelamento, o que não traria nenhum inconveniente, já que o produto encontra-se devidamente protegido pela embalagem.

ARMAZENAMENTO – Recomenda-se manter a polpa devidamente congelada, sob temperaturas de congelamento até o momento de sua utilização, com temperatura inferior a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$.

8.4.4 Preservação química

A preservação química de polpa apresenta-se como uma alternativa de conservação a ser empregada nos casos em que não houver restrições ao uso dos conservantes empregados. É evidente que a preservação não

é obtida única e exclusivamente mediante conservantes químicos, mas com a associação de um método físico de conservação, no caso a pasteurização, sendo os chamados métodos combinados de conservação.

FORMULAÇÃO – A operação de formulação consiste em dosar as quantidades de aditivos químicos na polpa de forma correta e dentro das exigências legais. Os conservantes mais utilizados são os ácidos sórbico e benzoico, seus sais de sódio e potássio, e o dióxido de enxofre proveniente da dissociação do bissulfito ou metabissulfito de sódio ou potássio. O emprego de forma adequada e eficiente desses aditivos pressupõe que o pH do meio esteja ajustado para uma maior eficiência dos mesmos. Assim, quando necessário, faz-se o ajuste de pH com a adição de ácidos permitidos pela legislação.

TRATAMENTO TÉRMICO / RESFRIAMENTO – O tratamento térmico de pasteurização é realizado em trocadores de calor, como nos demais casos. A polpa deverá ser resfriada de forma adequada até a temperatura ambiente.

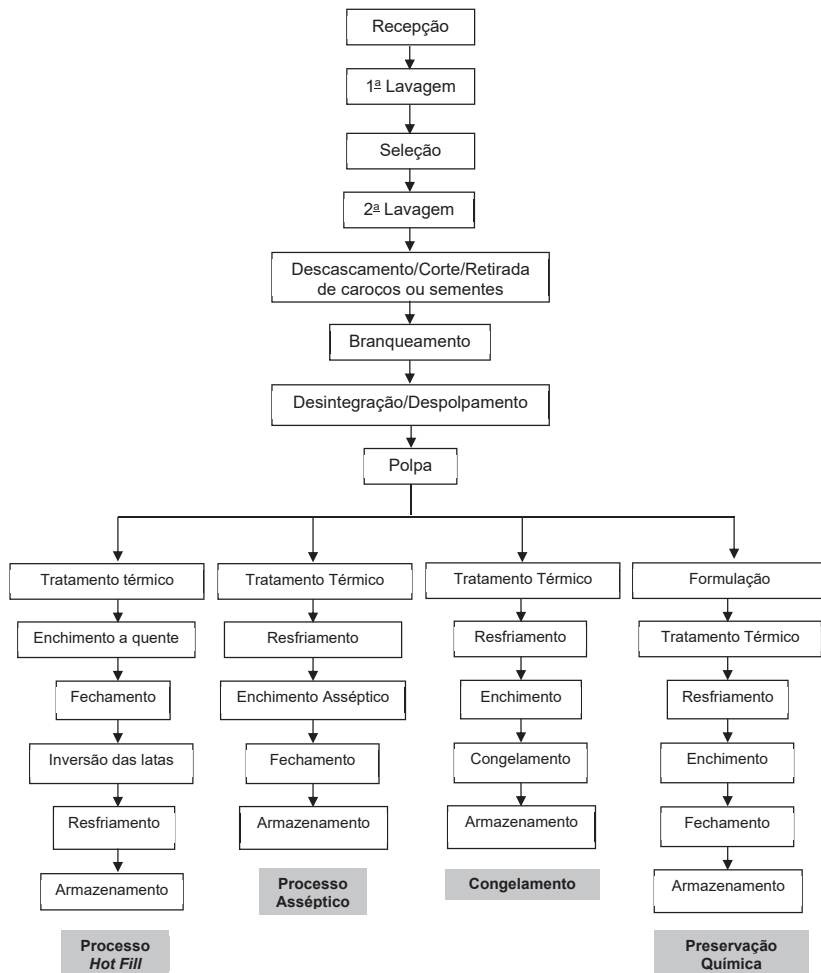
ENCHIMENTO / FECHAMENTO / ARMAZENAMENTO – A polpa é acondicionada nas embalagens à temperatura ambiente e, em seguida, é realizado o fechamento das mesmas. O produto deve ser armazenado à temperatura ambiente.

8.4.5 Conservação por processos mistos

Na realidade, a maioria dos alimentos é conservada pela utilização de métodos mistos. Geralmente dois ou mais processos são aplicados. Em sucos e polpas de frutas, em geral, são associados o tratamento térmico, o uso de conservantes e o congelamento.

O fluxograma geral para processamento de polpa de fruta pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma geral para processamento de polpa de fruta através dos processos *Hot Fill*, Asséptico, Congelamento e Preservação Química



Fonte: Elaborada pelos autores.

8.5 Sucos e néctares de frutas

Na indústria de frutas, a produção e a comercialização desses produtos dependem das características exigidas pelo mercado para cada

um dos diferentes tipos de sucos. Entre as características preestabelecidas estão os níveis de turbidez, a acidez, os nutrientes presentes e o perfil de aromas.

Existem vários métodos de obtenção de sucos de frutas, principalmente com base nos princípios de conservação. Em geral, as etapas do processo produtivo são praticamente as mesmas citadas para produção de polpa até a extração, diferenciando-se a partir do enchimento ou tratamento térmico (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007; BATES; MORRIS; CRANDALL, 2001), o que diferencia os tipos de conservação: conservação pelo uso de calor, conservação pelo uso do frio, conservação por meio de aditivos químicos.

São produzidos sucos de frutas com teores de polpas de frutas e componentes opcionais diferentes, o que resulta em vários produtos de frutas.

O termo néctar de frutas é usado pela indústria para designar sucos de polpa de frutas, formulados com xarope de açúcar e ácido cítrico, a fim de produzir uma bebida pronta para beber. Essa bebida, embora lembre os sucos de frutas em sabor, não pode ser chamada de suco de fruta devido à presença de água, açúcar e ácidos adicionados (LUH; EL-TINAY, 1993).

8.6 Processo produtivo de suco e néctar de frutas

A maioria dos sucos integrais de frutas produzidos no Brasil é processada pelo processo *Hot Fill* e pelo processo asséptico. O suco geralmente é submetido ao processo de enchimento a quente, acondicionado em garrafas de vidro ou de plástico, com volume de 500 ml, ou em embalagens cartonadas, quando é processado pelo sistema asséptico.

Após a extração e refino, o suco segue para os tanques de formulação, onde se procede ao ajuste de certas características físico-químicas (pH, teor de polpa etc.) mediante a incorporação de acidulante e de conservantes (benzoato e metabissulfito de sódio ou potássio), quando for o caso, nas quantidades recomendadas pela legislação.

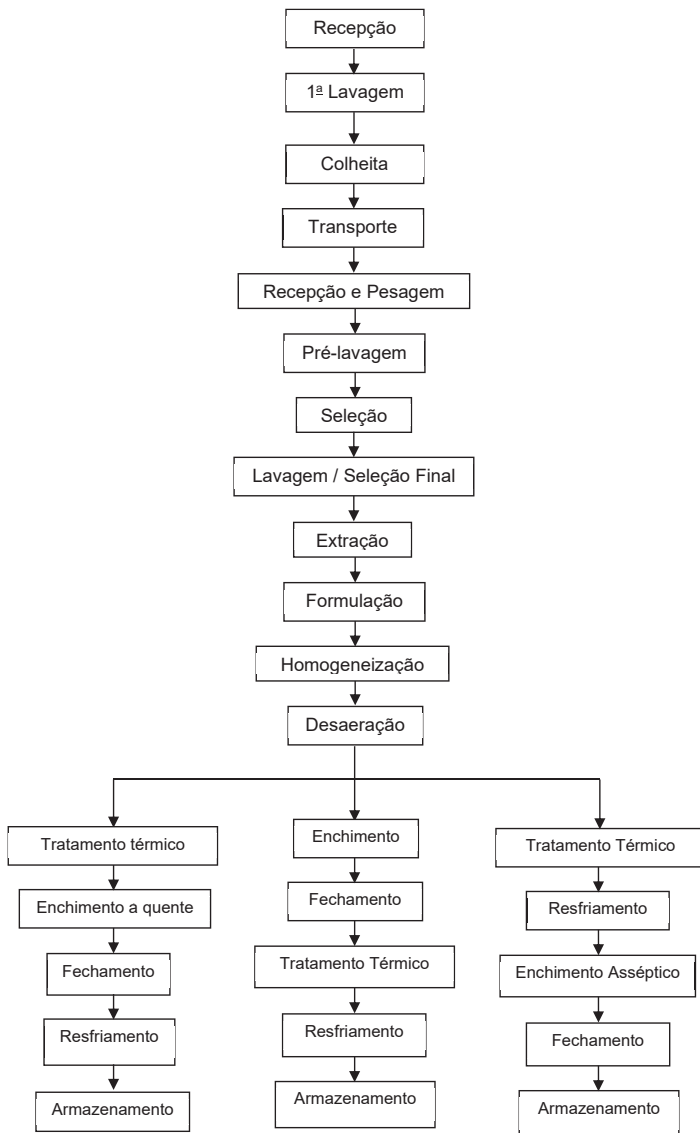
Em seguida, faz-se uma homogeneização, que tem o objetivo de reduzir as partículas em suspensão onde estas se dividem e começam

a flutuar, melhorando assim a aparência do suco. Por meio de um aumento da pressão, as partículas ficam extremamente finas e então se dispersam no líquido, evitando a separação das fases.

Depois, o suco é submetido a desaeração, recebendo um pré-aquecimento a 50 °C, realizada em desaerador sob vácuo, com o objetivo de remover o ar e o teor de O₂ dissolvido no suco, reduzindo as reações químicas de oxidação da vitamina C, reduzindo a formação de espuma, melhorando a qualidade do suco através da preservação da cor, sabor e aroma originais.

Após a desaeração, o suco sofre tratamento térmico, que consiste em submeter o produto ao calor durante um determinado tempo, em trocador de calor tubular ou de placas, dependendo da viscosidade do suco. O tratamento térmico pode seguir diferentes caminhos, como foi visto no processamento de polpas de frutas, dependendo do método de conservação escolhido, sendo alguns deles descritos no fluxograma da Figura 2.

Figura 2 – Fluxograma geral para processamento de sucos e néctares de frutas por meio dos processos *Hot Fill*, *Hot Pack* e Asséptico



Fonte: Elaborada pelos autores.

8.7 Processo de concentração de sucos de frutas

A concentração é um processo que resulta na remoção de parte da água dos alimentos, tais como: suco concentrado, massa de tomate, doces em geral, leite condensado etc. A remoção de água pode ser obtida pelos seguintes processos:

Evaporação: a água é removida na forma de vapor.

Congelamento: a água é removida na forma de gelo.

Membranas: a água é removida na forma líquida.

As principais razões para a concentração de determinados alimentos são: Preservação durante a estocagem.

Redução do custo de embalagem, transporte e armazenamento.

Redução do teor de água de alimentos líquidos que serão desidratados.

Dentre os alimentos concentrados, os sucos de fruta constituem um item importante, a fim de reduzir os gastos com o transporte, estocagem e embalagem. Entretanto, existem certas dificuldades resultantes da concentração. Frequentemente, os sucos concentrados, quando reconstituídos, sofrem uma perda de aroma e sabor e degradação da cor. Assim sendo, é de suma importância que, na definição do processo e equipamentos utilizados na concentração, os processadores estejam cientes de que o produto obtido deve apresentar um bom aspecto e sabor, qualidades exigidas pelos consumidores.

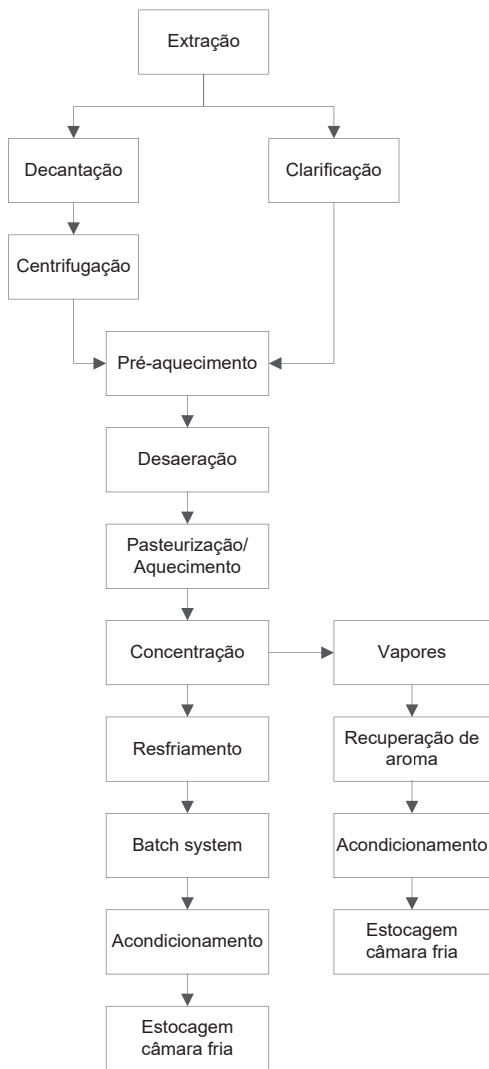
Os sucos concentrados quase sempre precisam de um método adicional na sua conservação. Geralmente são utilizados o congelamento, a preservação química e o enchimento a quente (MAIA; SOUSA; LIMA, 2007).

8.7.1 Processamento de sucos concentrados

Os tipos de sucos concentrados dependem de sua composição e do método de preparação. Comercialmente, os sucos de maçã e uva são produzidos pela concentração de sucos clarificados (despectinizados e filtrados), enquanto o suco de laranja contém substâncias pécticas e apenas parte da polpa é removida por centrifugação. Em geral, uma planta

de processamento de sucos concentrados segue o fluxograma, conforme está sendo mostrado na Figura 3 (MAIA; ALBUQUERQUE, 2000).

Figura 3 – Fluxograma do processamento de sucos concentrados



Fonte: Elaborada pelos autores.

As etapas mais importantes do processamento de sucos concentrados serão comentadas a seguir:

DECANTAÇÃO / CENTRIFUGAÇÃO – Tem a finalidade de eliminar os pontos escuros e remover parte da polpa do suco em níveis aceitáveis. A remoção da polpa e do amido, que aumenta a viscosidade do suco durante a concentração, proporciona uma maior taxa de transferência de calor na evaporação e ajuda a minimizar posteriormente os efeitos do tratamento térmico.

CLARIFICAÇÃO – O suco é submetido a um tratamento enzimático para degradação das pectinas e do amido e, em seguida, passa pelo processo de filtração ou centrifugação, onde são eliminados os sólidos em suspensão. O suco obtido apresenta uma baixa viscosidade durante a concentração, permitindo uma alta taxa de transferência de calor e, conseqüentemente, que maiores concentrações sejam obtidas.

A clarificação também pode ser feita por meio de processo não enzimático, sendo o calor o mais comum. Outras técnicas incluem a combinação de adição de gelatina, caseína e ácido tânico.

PRÉ-AQUECIMENTO – O aquecimento do suco a 45 °C – 50 °C faz com que o grau de dissolubilidade do ar no suco seja reduzido, facilitando a sua remoção na etapa de desaeração.

DESAERAÇÃO – Tem o objetivo de remover o ar presente no suco, evitando superaquecimento. O ar excedente pode ainda reagir quimicamente com uma série de substâncias e acelerar a polimerização de fenóis e a degeneração de importantes componentes aromáticos.

PASTEURIZAÇÃO / AQUECIMENTO – A temperatura de pasteurização deve garantir a eliminação dos microrganismos presentes no suco, uma vez que, no processo de concentração a vácuo, são utilizadas temperaturas mais baixas e, após concentração, o suco é acondicionado sem receber um outro tratamento térmico.

CONCENTRAÇÃO – O grau de concentração e os danos do calor à qualidade do suco durante a concentração são determinados pelas características do suco, tempo de residência e características de temperatura do evaporador. Os sucos clarificados e com baixo teor de polpa podem ser concentrados em evaporadores tubulares, a placas e centrífugos,

atingindo-se graus de concentração elevados, principalmente para os clarificados. Os sucos polposos são concentrados a baixa concentração em evaporadores centrífugos e de superfície raspada.

RECUPERAÇÃO DE AROMA – O sistema de recuperação de aroma é de grande importância numa planta de concentração, principalmente para produtos termossensíveis. Os componentes do aroma, que são arrastados juntamente com os vapores durante a evaporação, são separados pelos processos de destilação e retificação. O aroma recuperado é reincorporado ao suco concentrado ou acondicionado para posterior reincorporação.

RESFRIAMENTO – É feito no *Flash-cooler*, que trabalha sob o princípio da evaporação instantânea em alto vácuo. Nesta etapa, de grande importância para a qualidade do produto, o suco é resfriado em fração de segundos para temperatura de 10 °C – 15 °C.

BATCH SYSTEM – Sistema de tanques resfriados com água gelada ou instalados em câmara frigorífica, que permite a formação de “batches” de suco com características mais uniformes.

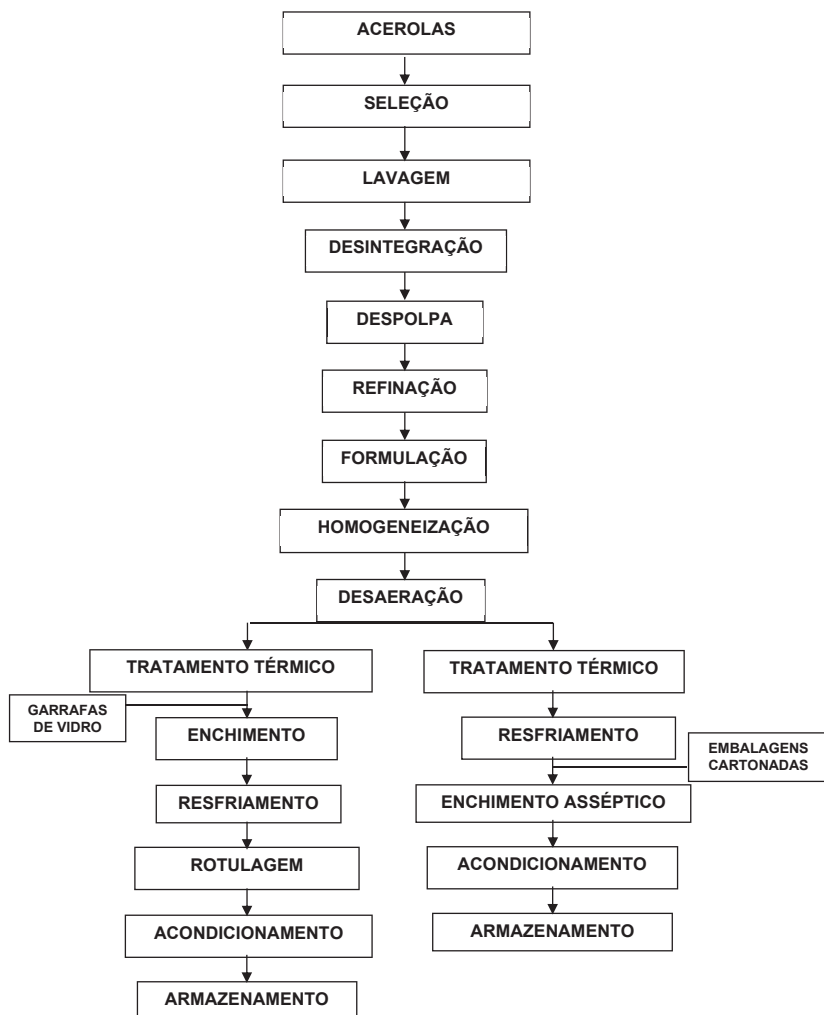
8.8 Processos produtivos de polpas, sucos e néctares de frutas tropicais

8.8.1 Suco de acerola

Os processos *hot fill* e asséptico são os mais utilizados pelas indústrias para o processamento do suco de acerola. Freitas *et al.* (2006) estabelece as etapas para produção de suco de acerola pelos processos *hot fill* e asséptico. Para o processo *hot fill*, os frutos são inicialmente selecionados em relação à sanidade, integridade física, uniformidade na coloração e maturação, e lavados por imersão em água clorada com 25 ppm de cloro ativo durante 20 minutos. Em seguida, os frutos passam por uma despulpadeira de malha de 0,8 mm, onde se obtém o suco refinado, a partir do qual realiza-se a formulação (suco de acerola, acidulante ácido cítrico, citrato de sódio e estabilizante goma gelana), procedendo-se, em seguida, a homogeneização e, posteriormente, a desaeração. Na

sequência, o suco é submetido a tratamento térmico, a 90 °C por 60 segundos, enchimento a quente (85 °C) em garrafas de vidro (300 ml) e fechamento imediato por tampas metálicas. Após o fechamento, as garrafas são resfriadas e rotuladas. Os procedimentos para a elaboração do suco pelo processo asséptico são os mesmos descritos para o *hot fill*, até a etapa do tratamento térmico, ressaltando-se que para a formulação deste suco são utilizados apenas água, açúcar, 35% de suco de acerola e acidulante ácido cítrico. No processo asséptico, após o tratamento térmico a 90 °C por 60 segundos, o suco é resfriado e o enchimento realizado assepticamente a 25 °C em máquinas de envase asséptico, utilizando embalagens cartonadas (Figura 4).

Figura 4 – Fluxograma de obtenção do suco de acerola adoçado, envasado pelos processos *hot fill* e asséptico



Fonte: Elaborada pelos autores.

8.8.2 Polpa e suco de banana

Sabe-se que a banana está sujeita a grandes variações de preço durante todo o ano, sendo que, em certas épocas, as cotações do mercado são demasiadamente baixas. Assim, a industrialização, como suporte à agricultura, faz-se necessária para o aproveitamento dos excedentes de produção, não exportáveis e não comercializáveis no mercado interno, que sempre existem e em quantidades crescentes de ano para ano (MEDINA *et al.*, 1978).

O purê é o produto obtido pelo esmagamento da fruta seguido de um método de conservação adequado. Existem diversos tipos de purê, que são classificados de acordo com a tecnologia empregada: asséptico, acidificado, congelado, e preservado quimicamente. O purê de banana apresenta elevada importância dentre os seus produtos, pois, além de produto final, pode ser utilizado como matéria-prima para a fabricação de néctar, doce em massa, flocos e farinha, dentre outros.

A obtenção de suco clarificado de banana tem sido objeto de estudo por diversos pesquisadores, entre eles Garcia e Rolz (1974), Tocchini e Lara (1977), que têm proposto, na sua obtenção, o emprego de associações de enzimas clarificantes como, por exemplo, pectinases e celulases procedentes de diferentes fabricantes, em diversas concentrações, associado a tratamento térmico sob condições variadas de tempo e temperatura de hidrólise. A obtenção de suco de banana clarificado e concentrado normalmente é efetuada por meio da redução da viscosidade da polpa com o uso de enzimas ou compostos que atuam de maneira similar (ALVES, 1999).

A adição de invertase ao suco de fruta promove aumento de teores de glicose e frutose. A conversão de glicose em frutose é interessante sob o ponto de vista nutricional, visto que o consumo de frutose por diabéticos é menos problemático do que o de glicose (CARDOSO; JACKIX; MENEZES, 1998).

8.8.3 Suco de caju alto teor de polpa

As opções tecnológicas de maior importância econômica existentes atualmente na agroindústria do caju restringem-se à produção de suco integral com alto teor de polpa (10 a 12 °Bx) e, secundariamente, à elaboração do suco clarificado ou cajuína (TELLES, 1988; PAIVA, 1997).

No processamento do suco de caju alto teor de polpa por meio dos processos *hot fill* e asséptico citado por Costa *et al.* (2003), os cajus são colhidos manualmente, descastanhados e acondicionados em caixas plásticas com capacidade para 10 kg, tendo-se o cuidado de evitar danificações em sua estrutura. As caixas são colocadas em caminhões e transportadas para a unidade de processamento, onde são recebidas e pesadas. Os pedúnculos são lavados em água corrente, sanitizados adequadamente e selecionados em esteiras de seleção, com a eliminação dos cajus danificados. O material selecionado é então desintegrado, ocasião em que há a injeção de vapor, visando inativação enzimática, seguindo-se a despolpa que é efetuada em despolpadeira com telas de 2 mm e 1 mm. O suco refinado é bombeado ao tanque de equilíbrio, passando então pela operação de homogeneização à pressão de 100 atm, seguindo para o desaerador, onde é submetido a desaeração a 600 mm de vácuo; o tratamento térmico é efetuada em trocador de calor em tubos a 90 °C por 60 segundos, seguindo-se de enchimento a quente (85 °C) em garrafas e fechamento imediato em cápsulas plásticas (roll on). Após o fechamento, as garrafas são resfriadas em um resfriador contínuo de esteiras, acondicionados em caixas de papel.

Quanto ao processo asséptico, as operações são as mesmas descritas para o processo *hot fill* até o tratamento térmico em que, logo após o mesmo, o suco é resfriado no próprio trocador de calor e o enchimento é efetuada assepticamente a 25 °C em máquinas de envase Tetra Pak e embalagem “Tetra Brik Aspetic” para 500 ml. Após o envase, as caixinhas são acondicionadas em caixas de papelão.

Maia, Monteiro e Guimarães (2001) elaboraram um suco de caju com alto teor de polpa por meio do processo combinado de tratamento térmico e conservantes químicos, utilizando 300 ppm de SO₂, 500 ppm

de benzoato de sódio e ácido cítrico até pH 3,5 e tratamento térmico de 90 °C por 60 segundos, seguindo-se o enchimento a quente, em garrafas de capacidade para 500 ml. Utilizou-se também nitrogênio numa técnica chamada de “stripping”, que consiste na injeção do gás na tubulação que conduz o suco, antes do enchimento, numa vazão de 230 litros/hora, sendo esta o dobro da vazão do suco. Verificou-se que o suco tratado com nitrogênio e 300 ppm de SO₂ apresentou melhor qualidade no que se refere principalmente à cor, quando comparado àquele tratado somente com nitrogênio.

Como a safra do caju só ocorre em média durante quatro meses, é importante que se utilize de tecnologia adequada para oferecer o produto durante todo o ano. Por meio de concentração do suco e armazenamento sob congelamento até o momento do envase, é possível a disponibilidade do suco de caju o ano inteiro.

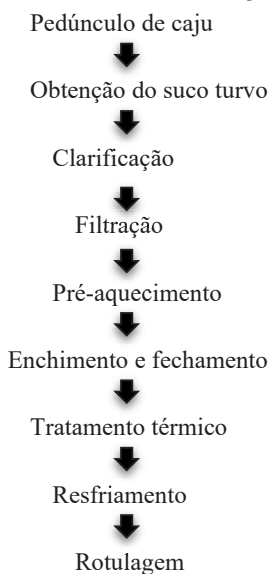
8.8.4 Cajuína

O caju (*Anacardium occidentale* L.), originário do nordeste brasileiro, foi descoberto pelos nativos destas terras, que o utilizava em diversas formas, seja como fruto (in natura), ou como suco extraído do pedúnculo por prensagem manual, ou como bebida fermentada, utilizada em comemorações e ocasiões especiais (SILVA NETO; ABREU; PAIVA, 2009).

O caju é composto da castanha, o verdadeiro fruto, e do pedúnculo, que é um pseudofruto, rico em suco, que apresenta um sabor agradável sendo conhecido por ser rico em vitamina C, além de conter teores consideráveis de açúcares redutores, minerais compostos fenólicos, além de outros componentes importantes. Os minerais e compostos bioativos presentes no suco de caju apresentam alto índice de bioacessibilidade, como 15% para cobre, 11% para ferro, 26% para vitamina C, 39% para compostos fenólicos totais e 27% para atividade antioxidante (LIMA *et al.*, 2014). Porém, o suco tem aceitação limitada devido à sua adstringência característica. A cajuína (suco de caju clarificado) surge como uma alternativa, por não apresentar adstringência e com características que lembram o suco de maçã clarificado.

Para a elaboração da cajuína, assim como para todos os produtos derivados de fruta, deve-se atentar para a qualidade da matéria-prima utilizada (pedúnculos de caju). Dessa forma, para que se obtenha uma cajuína de qualidade, o pedúnculo de caju deve apresentar características adequadas durante todo seu processo de obtenção, atendendo as etapas como pré-colheita, colheita, seleção, lavagem e sanitização. Além disso, o suco obtido do processamento do pedúnculo de caju deve atender todos os requisitos estabelecidos pela legislação (BRASIL, 2018). O processo de elaboração da cajuína é apresentado na Figura 1.

Figura 1 – Processo de obtenção de cajuína



Fonte: Elaborada pelos autores.

O suco de caju utilizado para elaboração da cajuína passa inicialmente por um processo físico de clarificação, sendo utilizado gelatina comercial grau alimentício, a 10%. Recomenda-se, após a adição da gelatina, agitar vigorosamente a mistura e deixá-la em repouso por cerca de 40 minutos. Com o contato da gelatina com os taninos presentes no

suco de caju ocorre uma floculação, resultando em uma fase sobrenadante incolor e uma outra decantada de coloração amarela (ARAÚJO; COSTA JÚNIOR, 2018; SILVA NETO; ABREU; PAIVA, 2009).

As condições de concentração de gelatina utilizada na elaboração de suco de caju clarificado foram otimizadas por Prommajak, Leksawasdi e Rattanapanone (2018), que definiram condições ótimas de processo, utilizando 0,67% de gelatina por 15 minutos.

Além da gelatina, outros coadjuvantes podem ser utilizados na etapa de clarificação do suco de caju. Dedehou *et al.* (2015) sugeriram a utilização de amido de mandioca e arroz na clarificação de suco de caju. Vidal (2016) afirma que a utilização de resina de troca iônica macroporosa, visando ao processo de clarificação, apresenta viabilidade, porém esse tipo de operação alternativa não é usualmente utilizado no processamento.

Após a clarificação, deve-se realizar a filtração do suco, podendo ser utilizados filtros de tecido de algodão ou feltro. Essa operação deve ser realizada até que se obtenha um suco totalmente límpido e brilhante (SILVA NETO; ABREU; PAIVA, 2009). Said (2009) elaborou membranas biopoliméricas a partir de quitosana, fornecendo uma alternativa para o processo de filtração da cajuína.

O tratamento térmico ocorre após a filtração e normalmente se realiza um pré-aquecimento a 85 °C – 90 °C em tachos de aço inoxidável (quando obtida de forma artesanal) ou trocadores de calor (quando obtidas industrialmente). Após enchimento e fechamento, a cajuína é submetida ao tratamento térmico, sendo realizada uma pasteurização.

Por ser submetida a aquecimento, há preocupação com a redução no teor de vitamina C do produto. Dessa forma, alguns estudos abordam otimizações de métodos a fim de preservar o teor de vitamina C na cajuína. Damasceno *et al.* (2008) indicam a utilização de temperatura de 120 °C para trocadores de calor de placas e 90 °C para tratamentos onde se use banho-maria, sendo ainda necessários estudos que determinem as condições de processo que mantenham o maior teor de vitamina C juntamente com a coloração característica do produto.

No que diz respeito às embalagens, são utilizadas garrafas de vidro, e o enchimento normalmente é feito a quente (MAIA *et al.*, 2009). Apesar

do contato com a cajuína em temperatura elevada, deve-se atentar para cuidados com a lavagem e higienização das garrafas antes do uso.

Após tratamento térmico, as embalagens contendo a cajuína devem ser resfriadas em banho de água fria para reduzir a temperatura e não haver influência nas características sensoriais do produto. Após secagem das garrafas, elas devem ser rotuladas adequadamente, sendo então submetidas a comercialização. Estão sendo utilizadas também embalagem de alumínio para acondicionar e comercializar a cajuína, aparentemente com sucesso.

O aroma e o sabor da cajuína são característicos, assim como a coloração amarela escura, resultante da caramelização dos açúcares naturalmente presentes no caju. A cajuína pode ser utilizada também como ingrediente na elaboração de bebidas mistas, como sugerido por Brito *et al.* (2010), que elaboraram bebida utilizando cajuína e polpas de goiaba e maracujá. Carvalho *et al.* (2006) desenvolveram uma bebida elaborada com água de coco e cajuína e Carvalho *et al.* (2005) formularam uma bebida estimulante à base de cajuína.

8.8.5 Polpa de manga

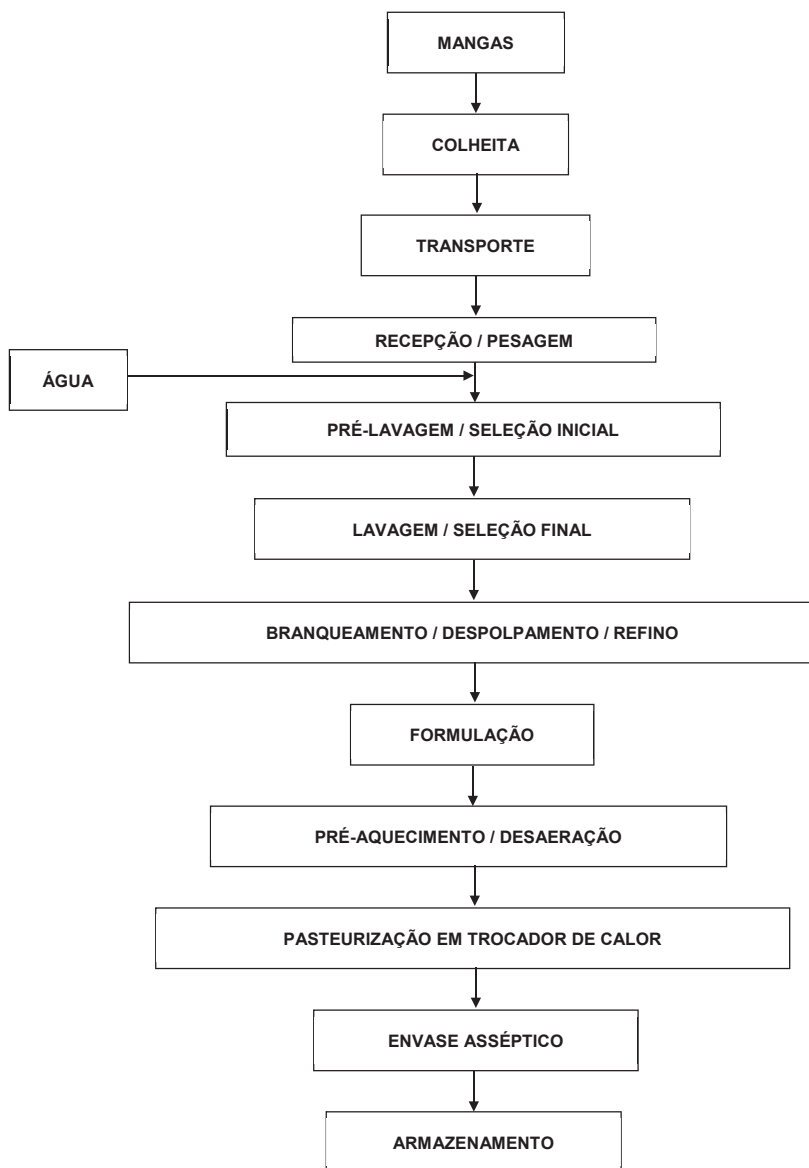
A composição química e as características da manga variam com as condições de cultura, variedade e o estágio de maturação (CARDELLO; CARDELLO, 1998). Como são encontradas no Brasil diversas cultivares de mangueira, estudos de caracterização física e química de mangas de variedades regionais são de grande importância na escolha de matérias-primas para consumo in natura ou para industrialização. As indústrias, no geral, preferem mangas com alto rendimento de polpa, alto teor de sólidos solúveis e ausência de fibras.

Para a produção de polpa, suco e néctar de manga, as cultivares mais utilizadas são: Espada, Jasmim, Ubá, Bourbon, Haden, Kent, Manilla, Sensation, Tommy Atkins.

Entre os métodos de conservação de polpas podem ser citados: asséptico, *hot fill*, frio, uso de aditivos químicos e processos mistos.

A elaboração de polpa ou purê de manga pelo processo asséptico é descrita a seguir, de acordo com o fluxograma da Figura 5.

Figura 5 – Fluxograma de obtenção da polpa de manga pelo processo asséptico



Fonte: Elaborada pelos autores.

As mangas devem ser colhidas em bom estado de maturação, de maneira manual, com bolsas (sacolas) ou mecânica, tomando-se os devidos cuidados para que não causem injúrias nos frutos; depois seguem para a indústria em caixas plásticas, sendo pesadas e lavadas com água clorada a 50 mg/l cloro residual livre por dois minutos, deixando os frutos imersos nesta solução. Em seguida, os frutos sofrem uma seleção final, retirando os que porventura possam ter passado despercebidos pela seleção inicial. Os frutos selecionados são lavados novamente com água potável. Depois os frutos são branqueados em cozedor, com água potável à temperatura de 100 °C por 1,5 minutos, sob agitação constante com palhetas de aço inoxidável. Os frutos são submetidos à despolpadeira em peneiras com telas perfuradas para ser desintegrado e despolpado. Logo após, o produto segue para uma refinadora com peneiras com telas perfuradas com diâmetros menores, eliminando as fibras do produto. Em seguida é formulada a polpa, ajustando-se o pH com ácido cítrico para reduzir para 3,9 a 4,1, a fim de garantir a eficácia do tratamento térmico. Finalizada a formulação, a polpa segue para o tanque de equilíbrio para o pré-aquecimento e desaeração. A polpa é pré-aquecida antes de entrar no desaerador, objetivando a remoção do ar e do oxigênio absorvido durante o despolpamento, promovendo um bloqueio nas reações químicas e enzimáticas. A polpa é pasteurizada a 110 °C por 30 segundos. Em seguida, a polpa é resfriada a 30 °C – 35 °C para ser envasada. O produto esterilizado e resfriado sob pressão flui continuamente do sistema de calor para as embalagens primárias (assépticas), seguindo para as embalagens secundárias (tambores).

8.8.6 Polpas mistas de frutas tropicais

A combinação de diferentes sabores e nutrientes impulsiona na indústria o desenvolvimento de produtos mistos, como as polpas de frutas tropicais mistas, que podem ser consideradas uma tendência no mercado de frutas tropicais processadas.

Iglesias *et al.* (2019) definiram uma formulação ótima de polpa mista de goiaba e acerola, contendo 45,45% de polpa (25% de acerola e 75% de

goiaba), 12,9% de açúcar, além de 3% de amido, 0,07% de ácido cítrico e 38,58% de água. Burgos *et al.* (2019) elaboraram uma polpa mista contendo banana, maçã e pera, submetendo o mesmo a tratamento de alta pressão hidrostática para maior conservação.

REFERÊNCIAS

ABIR. *Néctares e sucos prontos*. Disponível em: <https://abir.org.br/o-setor/dados/nectares/>. Acesso em: 2 set. 2019.

ABREU, F. A. P.; SILVA NETO, R. M. *Cajuína*. Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E), 2007.

ALVES, E. J. (org.). *A cultura da banana: aspectos técnicos, socioeconômicos e agroindustriais*. 2. ed. Brasília: Embrapa/SPI; Cruz das Almas: Embrapa-CNPME, 1999. 585 p.

ARAÚJO, R. O.; COSTA JÚNIOR, J. S. Produção de cajuína e triagem fitoquímica do suco de caju. *In: REUNIÃO ANUAL DA SBPC, 70., 2018, Maceió. Anais [...]*. Macéio: UFAL. Disponível em: http://www.sbpnet.org.br/livro/70ra/trabalhos/resumos/3313_1a269d2d7b2738f4b6d09847041a778b4.pdf. Acesso em: 13 set. 2019.

BATES, R. P.; MORRIS, J. R.; CRANDALL, P. G. Principles and practices of small - and medium - scale fruit juice processing. *FAO Agricultural Services Bulletin, 146*. Food Science and Human Nutrition Department. University of Florida, 2001. Disponível em: <http://www.fao.org/DO-CREP/005/Y2515E/y2515e00.htm#toc>. Acesso em: 24 set. 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. Estabelece os parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas e a listagem das frutas e demais quesitos complementares aos padrões de identidade e qualidade. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, 8 out. 2018b. Seção 1, p. 23, Edição 194.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018. Fica estabelecida em

todo o território nacional a complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade de Suco e Polpa de Fruta, na forma desta Instrução Normativa. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 27 set. 2018a. Seção 1, p. 4. Edição 187.

BRITO, E. S. *et al.* Avaliação da aceitação de bebida mista contendo cajuína em função das proporções de seus componentes. *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 40, dez. 2010. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/883961/1/BP10006.pdf>. Acesso em: 13 out. 2019.

BURGOS M. J. *et al.* Effect of high hydrostatic pressure and activated film packaging on bacterial diversity of fruit puree. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, v. 1, n. 100, p. 227-230, 2019.

CARDELLO, H. M. A. B.; CARDELLO, L. Teor de vitamina C, atividade de ascorbato oxidase e perfil sensorial de mangas (*Mangifera indica*, L) var. Haden, durante amadurecimento. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, n. 2, p. 211-217, 1998.

CARDOSO, M. H.; JACKIX, M. N. H.; MENEZES, H. C. Efeito da associação de pectinase, invertase e glicose isomerase na qualidade do suco de banana. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, n. 3, 1998.

CARVALHO, J. M. D. *et al.* Bebida mista com propriedade estimulante à base de água de coco e suco de caju clarificado. *Food Science and Technology*, v. 25, n. 4, p. 813-818, 2005.

CARVALHO, J. M. *et al.* Composição mineral de bebida mista à base de água de coco e suco de caju clarificado. *Boletim do CEPPA*, v. 24, p. 1-12, 2006.

COSTA, M. C. O. *et al.* Storage stability of cashew apple juice preserved by hot fill and aseptic processes. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, n. 23, p. 106-109, 2003. Supl.

DAMASCENO, L. F. *et al.* Evaluation and optimization of non-enzymatic browning of cajuína during thermal treatment. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, v. 25, n. 2, p. 313-320, 2008.

DEDEHOU, E. S. *et al.* Optimization of cashew (*Anacardium occidentale* L.) apple juice's clarification process by using cassava and rice starch. *Journal of Applied Biosciences*, v. 95, p. 8989-9002, 2015.

FREITAS, C. A. S. *et al.* Estabilidade do suco tropical de acerola (*Malpighia emarginata* d.c.) adoçado, envasado pelos processos hot-fill e aséptico. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 26, n. 3, p. 544-549, 2006.

GARCIA, R.; ROLZ, C. Rheological properties of some tropical fruits products and their enzymic clarification. *In: INTERNATIONAL CONGRESS FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 4., *Proceedings [...]*. 1974. v. 2, p. 18-26.

IGLESIAS, I. *et al.* Formulación y caracterización de un puré de guayaba con acerola/Formulation and characterization of a guava purée with acerola. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, v. 29, n. 1, p. 59-63, 2019.

LIMA, A. C. S. *et al.* In vitro bioaccessibility of copper, iron, zinc and antioxidant compounds of whole cashew apple juice and cashew apple fibre (*Anacardium occidentale* L.) following simulated gastro-intestinal digestion. *Food Chemistry*, v. 161, p. 142-147, 2014.

LUH, B. S.; ET-TINAY, A. H. Nectars, pulpy juices and fruit Juice blends. *In: NAGY, S.; CHEN, C. S.; SHAW, P. E. Fruit juices: processing technology*. Florida: Agscience, Inc, Auburndale, 1993. p. 533-594.

MAIA, G. A. *et al.* *Processamento de frutas tropicais: nutrição, produtos e controle de qualidade*. Fortaleza: Edições UFC, 2009.

MAIA, G. A.; ALBUQUERQUE, C. A. N. *Curso de processamento de sucos e polpas de frutas tropicais – ASTN*. Fortaleza, 2000. 140 p.

MAIA, G. A.; SOUSA, P. H. M.; LIMA, A. S. *Processamento de sucos de frutas tropicais*. Fortaleza: Edições UFC, 2007. 320 p.

MAIA, G. A.; MONTEIRO, J. C. S.; GUIMARÃES, A. C. L. Estudo da estabilidade físico-química e química do suco de caju com alto teor de polpa. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 21, n. 1, p. 43-46, 2001.

MEDINA, C. J. *et al.* *Frutas tropicais, banana: da cultura ao processamento e comercialização*. Campinas, 1978. 197 p. (ITAL, Série Frutas Tropicais, 3).

PAIVA, F. F. A. Aproveitamento industrial do caju. In: CARVALHO, A. R.; TELES, J. A. (ed.). *Caju: negócio e prazer*. Fortaleza: SETUR/Governo do Estado do Ceará, 1997. p. 49-68.

PROMMAJAK, T.; LEKSAWASDI, N.; RATTANAPANONE, N. Optimizing tannin precipitation in cashew apple juice. *CMU Journal of Natural Science*, v. 17, p. 13-23, 2018.

SAID, J. M. *Síntese e caracterização de membranas biopoliméricas microfiltrantes, à base de quitosana, para uso no processo de obtenção de cajuína*. 2009. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Centro de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SILVA NETO, R. M.; ABREU, F. A. P. de.; PAIVA, F. D. A. *Processamento do pedúnculo do caju: cajuína*. Embrapa Agroindústria Tropical-Documents, 2009.

TELLES, P. R. S. Industrialização do pseudofruto e da castanha. In: LIMA, V. P. M. S. (ed.). *Cultura do cajueiro no nordeste do Brasil*. Fortaleza: BNB/Escritório de Estudos Econômicos do NE, 1988. p. 357-401.

TOCCHINI, R. P.; LARA, J. C. C. Industrialização de suco de banana simples e concentrado. *Boletim do ITAL*, v. 51, p. 93-112, 1977.

VIDAL, R. H. L. *Avaliação do processo de obtenção da cajuína por resinas de troca iônica*. 2016. 130 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2016.

9. TECNOLOGIA DE PROCESSAMENTO DO COCO

9.1 Introdução

O coqueiro (*Cocos nucifera* L.) é uma planta da qual se podem obter os mais diversos produtos. Todas as suas partes, como raiz, caule, folha, inflorescência e fruto podem ser empregadas para diversos fins artesanais, alimentícios, nutricionais, agroindustriais, medicinais, biotecnológicos, entre outros.

O coqueiro é cultivado predominantemente no litoral da Região Nordeste. A produção brasileira de coco é pequena quando comparada aos países asiáticos pelo fato de o Brasil não produzir óleos à base de coco. No entanto, a cultura do coqueiro sempre foi de fundamental importância na vida e na economia das populações nordestinas, principalmente nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia.

No Brasil, os plantios são formados com as variedades gigante e anã, além dos híbridos, estando a escolha da variedade intimamente relacionada à finalidade agroindustrial do produto a ser obtido.

Na indústria de alimentos destaca-se, dentre os produtos oriundos do coco, a água de coco, o leite de coco e o coco ralado. Outros produtos alimentícios também podem ser obtidos do coco como a nata de coco, a farinha de coco e o vinagre, geralmente produzidos em escala artesanal.

Diante da versatilidade da utilização dos frutos do coqueiro para aproveitamento agroindustrial, abordam-se, neste capítulo, os principais produtos comerciais: a água de coco, o leite de coco e o coco ralado.

9.2 Características dos frutos para industrialização

O coco é uma drupa monosperma, formado por uma epiderme lisa ou epicarpo, que envolve um mesocarpo fibroso; no interior deste encontra-se uma camada muito dura, o endocarpo (PASSOS, 1998; LEBER; FARIA, 2003). A semente, envolvida pelo endocarpo, é constituída por uma camada fina de cor marrom, chamada de tegumento, que fica entre o endocarpo e o albúmen sólido. Este albúmen caracteriza-se como sendo uma amêndoa comestível, branca, muito oleosa, formando uma grande cavidade, no centro da qual está a água de coco, ou albúmen líquido (PASSOS, 1998).

A água de coco ou albúmen líquido representa um importante papel no amadurecimento e germinação do fruto e sua composição varia acentuadamente durante o processo de maturação (SREBERNICH, 1998). Começa a se formar mais ou menos um mês e meio após a polinização da flor feminina e, quando se destina ao consumo in natura, o coco deve ser colhido entre seis a oito meses após o florescimento, momento em que a quantidade de água e a concentração de açúcares torna-se maior, diminuindo posteriormente durante os estágios de maturação (ARAGÃO, 2000; FRUTISÉRIES 3, 2000; LEBER; FARIA, 2003). O conhecimento das variações na composição química da água de coco é de grande importância para o processamento e a qualidade do produto final.

O albúmen sólido começa a se formar entre cinco a seis meses após a inflorescência, independente da cultivar, tornando-se rígido e aumentando seu tamanho com o decorrer da maturação dos frutos, ao mesmo tempo em que com o conteúdo de água acontece o processo inverso (redução do volume). Entre 11 e 12 meses atinge seu crescimento máximo, idade ideal para o aproveitamento agroindustrial do leite de coco e do coco ralado.

Existem variedades de coco mais adequadas para obtenção de produtos como leite de coco e coco ralado. Por se tratarem de produtos obtidos do albúmen sólido ou amêndoa, é interessante o uso de variedades que apresentem um maior potencial de aproveitamento desta

parte do fruto, destacando-se, neste caso, o coqueiro gigante e o coqueiro híbrido. Já o coqueiro anão constitui-se da variedade mais utilizada comercialmente no Brasil para obtenção da água de coco.

Atualmente também há aproveitamento do coco híbrido para obtenção da água de coco em menor escala, principalmente quando o produtor tem intuito de comercializar o produto tanto para produção de água de coco como para coco ralado (PIRES *et al.*, 2004).

Em relação à composição química da água de coco, pode-se observar, por meio dos dados expostos no Quadro 1, a variação dos constituintes, bem como do volume de água durante o decorrer da maturação do fruto.

Quadro 1 – Faixa de variação do volume de água, pH, acidez, sólidos solúveis totais (°Bx), açúcares redutores e não redutores da água de coco anão verde de seis cultivares selecionados do 5º ao 12º mês de maturação

Mês	Volume da água/ Fruto (ml)	pH	Acidez (ml de sol. normal/ 100 ml)	SST (°Bx)	Açúcares redutores (g de glicose /100 ml)	Açúcares não redutores (g de sacarose/ 100 ml)
5º	125 a 247	4,7 a 4,8	1,0 a 1,5	4,5 a 5,7	3,1 a 4,5	N.E a 0,5
6º	153 a 290	4,7 a 4,8	1,0 a 1,5	3,4 a 8,9	2,2 a 3,6	N.E
7º	212 a 310	4,7 a 4,9	0,8 a 1,2	5,2 a 8,9	1,9 a 5,5	N.E a 5,9
8º	140 a 246	4,7 a 5,7	0,6 a 1,5	5,2 a 9,2	2,2 a 6,4	N.E a 2,5
9º	130 a 378	5,0 a 6,7	0,4 a 0,9	4,0 a 8,5	1,7 a 6,3	N.E a 4,6
10º	95 a 206	5,0 a 6,7	0,4 a 0,6	3,0 a 4,4	0,5 a 1,5	1,5 a 3,8
11º	102 a 195	4,7 a 6,1	0,4 a 0,5	3,8 a 5,3	0,3 a 0,6	1,3 a 3,9
12º	54 a 152	5,5 a 6,1	0,3 a 0,5	3,1 a 7,1	0,3 a 0,7	1,3 a 4,1

Fonte: adaptado de Tavares *et al.* (1998). N.E = não encontrado.

Independentemente da variedade utilizada durante a colheita, os frutos devem ser retirados com bastante cuidado para evitar fissuras ou ruptura do endocarpo, o que poderia levar o produto à deterioração. Na colheita, o coqueiro anão se destaca pelo baixo porte, o que facilita a remoção dos frutos. No caso dos coqueiros gigante e híbrido, plantas de maior porte, os frutos devem ser descidos em cestos ou sacos presos a uma corda de modo a evitar a queda.

Para o processamento, devem ser observados aspectos como a sanidade dos frutos, o grau de maturação ideal para a finalidade de processamento, a contaminação microbiológica, as injúrias sofridas pelo fruto, dentre outros, levando sempre em consideração que frutos de boa qualidade fornecerão produtos de qualidade.

9.3 Tecnologia de processamento do coco seco

Ao contrário do que se verifica na maioria dos países produtores, onde o coco é utilizado na forma de copra (albúmen desidratado a 6% de umidade) para a produção de óleo, no Brasil a maior parte da produção de coco seco é consumida in natura, utilizado na culinária local e na indústria processadora, dando origem ao coco ralado e outros derivados (leite de coco, doces etc.) (FONTES; WANDERLEY, 2006). Esses produtos, em algumas regiões do país como o Nordeste, ainda são produzidos de forma artesanal e são ingredientes fundamentais na preparação de pratos da culinária regional.

Além dos produtos alimentícios, do coco seco são obtidos diversos outros produtos não comestíveis, mas que também representam relevância econômica. Estes produtos, em sua maior parte, são obtidos da casca do coco seco como tapetes, fertilizantes, enchimento para estofados e peças de artesanato. Mesmo em menor escala, no Brasil, da amêndoa também pode ser obtida a copra, de onde é extraído o óleo de coco destinado principalmente à indústria de cosméticos, detergentes e sabões.

A água de coco seco, embora não apresente as características sensoriais tão apreciáveis como as do coco verde, pode ser aproveitada na forma de produtos fermentados como vinagre. Algumas indústrias, que realizam simultaneamente o processamento da água de coco e do leite de coco e coco ralado, podem aproveitar parte da água de coco seco no processamento da água de coco na forma de um *blend* em que a proporção de água do coco verde é sempre maior que do coco seco.

O coco seco na forma de seus principais produtos – leite de coco e coco ralado – também faz parte de outras indústrias de alimentos, neste caso como ingrediente de formulação, principalmente na

fabricação de chocolates, bombons, sorvetes, biscoitos etc. Parte da produção industrial de leite de coco e coco ralado é destinada diretamente a estas fábricas.

9.3.1 Obtenção do leite de coco tradicional e *light*

As etapas de processamento do leite de coco e do coco ralado são comuns até determinada operação. Diante deste fato, é comum que a indústria que processe o leite de coco também tenha uma linha de produção de coco ralado.

Desta forma, diz-se que o processamento destes produtos se dá em duas etapas: a primeira para obtenção do leite de coco na forma integral e coco ralado úmido; e a segunda para obtenção dos produtos padronizados (teor de gordura, umidade etc.) de acordo com a linha de produtos da indústria processadora.

Segundo De Martin *et al.* (1980), o leite de coco constitui-se de um sistema disperso formado de gorduras, proteínas, açúcares, sais minerais e água, sendo os lipídeos e a água os componentes predominantes. Devido a esta característica de composição, o produto apresenta alguns problemas no aspecto de estabilidade física, ou seja, da separação das fases de gordura e água, ou mesmo de problemas de caráter físico-químico, como é o caso da coagulação e precipitação da fração proteica causadas pelo tratamento térmico.

A composição do leite de coco varia de acordo com a variedade, idade e desenvolvimento do fruto, práticas culturais, métodos de preparação, condições usadas no processo de extração como, por exemplo, a quantidade de água adicionada na formulação ou a temperatura usada na extração (TANGSUPHOOM; COUPLAND, 2005).

O leite de coco fresco apresenta em sua composição pequenas quantidades de vitaminas do complexo B e vitamina C (SEOW; GWEE, 1997). Os mesmos autores afirmam que as proteínas predominantemente encontradas no leite de coco são classificadas como albuminas e globulinas.

O Quadro 2 apresenta a composição aproximada do leite de coco integral.

Quadro 2 – Composição média do leite de coco integral

Composição	Quantidade média encontrada por diversos autores (%)
Umidade	52,0
Gordura	36,7
Proteína (N x 6,25)	3,4
Cinzas	1,2
Carboidratos (por diferença)	6,7

Fonte: adaptado de Seow e Gwee (1997).

As etapas de processamento do leite de coco estão descritas a seguir e apresentadas no fluxograma da Figura 1.

Recepção dos frutos e seleção: Os cocos chegam à indústria em fornecimento a granel, em carrocerias de caminhão, ou em sacos do tipo ráfia, já desprovidos do mesocarpo fibroso. No ato da recepção, é feita uma amostragem do fruto para avaliação da qualidade, em que serão examinados aspectos do fruto como o grau de maturação e tamanho. São descarregados aqueles cocos em condições de seguirem para o processamento. Esses frutos são colocados na esteira onde é feita uma inspeção visual realizada por funcionários treinados. Em geral, a indústria paga o produto por quilo de material, mas, atualmente, os requisitos para pagamento do carregamento também envolvem aspectos de qualidade dos frutos.

Autoclavagem e quebra do casquilho: É realizada a operação de autoclavagem, que tem como objetivo principal auxiliar a remoção da amêndoa fortemente aderida ao endocarpo ou casca. A separação da amêndoa se dá devido à dilatação térmica distinta entre o endocarpo e a amêndoa, que promove o desprendimento desta última. Se a autoclavagem for realizada de forma eficiente, é possível a obtenção de amêndoas inteiras e praticamente sem película ou tegumento.

Autoclaves são equipamentos que trabalham em altas temperaturas e, devido a isso, além da função de desprendimento da amêndoa,

também promovem uma minimização da contaminação microbiológica do produto. Este fator é muito importante, já que a amêndoa apresenta pH 6,0 propício ao crescimento microbiano.

Na operação de quebra do casquilho ocorre a abertura do coco e a separação da amêndoa do endocarpo. É realizada em equipamento com lâmina cortante que “serra” o casquilho, o qual é utilizado posteriormente como fonte geradora de vapor e funciona como combustível das caldeiras industriais.

Despeliculagem: É uma operação realizada com o intuito de eliminar parte da película aderida à amêndoa e que não foi removida nas etapas anteriores (autoclavagem e quebra). Estes resíduos de película são indesejáveis e podem ocasionar perdas de qualidade do produto final, seja o leite de coco ou o coco ralado, pela presença de pontos escuros no produto. A operação é realizada por meio do atrito da amêndoa com equipamentos de superfície abrasiva dotados de um sistema rotativo que promovem uma raspagem da parte superficial da amêndoa. A operação é feita de forma semimecanizada, necessitando de muita mão de obra.

A película removida apresenta alto conteúdo de óleo, sendo encaminhada posteriormente para extração do óleo de coco, muitas vezes na própria indústria.

Lavagem e sanitização da amêndoa: As amêndoas, após despeliculagem, são enviadas para lavagem e sanitização. Os equipamentos são formados por um lavador rotativo de aço inox, construído em chapa de aço perfurado com diâmetro de 0,5 mm a 10 mm. A superfície perfurada permite o escoamento de resíduos de material aderido às amêndoas. Um jato de água quente pressurizado é injetado por meio de um tubo paralelo em direção ao fluxo de amêndoas, removendo as partes de película ainda aderidas.

Após esta etapa, as amêndoas que porventura ainda apresentem defeitos de qualidade e películas aderidas são retiradas e reencaminhadas para a operação de despeliculagem. As demais seguem para a etapa posterior de trituração.

Trituração: a trituração é realizada em um equipamento denominado moinho triturador. Os moinhos tipo martelo, com facas fixas ou não, são equipamentos adequados para romper a estrutura fibrosa da amêndoa do coco. Alguns moinhos necessitam de água para facilitar sua operação. De acordo com a granulometria desejada no produto final, faz-se uma seleção de um cabeçote de retenção do triturador mais apropriado, contudo o uso destas telas de retenção pode ser substituído pela operação de peneiramento do produto acabado.

Uma parte do coco que sai da trituração pode ser encaminhada separadamente para a preparação dos flocos de coco, seguindo para um equipamento denominado cortadora e, posteriormente, para secagem.

Prensagem: Essa operação se dá de forma contínua em prensas nas quais o produto vai gradativamente sendo comprimido contra uma tela, extraíndo-se o leite de coco com um alto teor de gordura e liberando na parte frontal o coco ralado com teor de gordura reduzido. É uma operação que visa à retirada parcial do teor de gordura da amêndoa triturada.

As prensas utilizadas, em geral, são do tipo *expeller* ou de parafuso sem fim; possuem dispositivos para se determinar o grau de extração desejado, portanto parte da qualidade do produto é estabelecida nesta etapa, quando também se define a quantidade de gordura do produto através do grau de prensagem utilizado.

O leite de coco é a denominação dada à emulsão obtida por meio da extração aquosa do endosperma do coco moído procedente de frutos maduros. Após a prensagem, seguem-se as etapas específicas para seu processamento.

Formulação e Padronização: O leite de coco, ao sair da prensa, apresenta-se como um líquido branco, viscoso e com um teor de gordura entre 35% e 45%. Este produto deve sofrer uma formulação para a obtenção de um produto final com diferentes teores de gordura ou outros constituintes de formulação como açúcar.

A formulação envolve a adição de água para reduzir o teor de gordura e o uso de aditivos conservantes como dióxido de enxofre.

Também nesta fase são utilizados os espessantes e emulsificantes, que possuem a função de dar corpo ao produto bem como impedir que haja a separação da fase aquosa da fase lipídica, facilitando a etapa posterior de homogeneização.

Segundo Seow e Gwee (1997), lecitina de soja, alginatos, carbomimetilcelulose (CMC), caseína, caragena, goma guar, goma karaya podem ser utilizados individualmente ou em várias combinações para estabilizar ou modificar a consistência do produto. Já o metabissulfito de sódio ou de potássio é frequentemente utilizado para retardar o processo de escurecimento não enzimático desencadeado durante o tratamento térmico.

Homogeneização / enchimento: é um procedimento que tem como objetivo a quebra das partículas de gordura que permite manter o produto mais homogêneo e estável, minimizando a separação de fases aquosa/lipídica.

O leite de coco é uma emulsão óleo em água, extraída da amêndoa de cocos frescos, com ou sem adição de água (SIMUANG, CHIEWCHAN e TANSAKUL, 2004). Quando deixado em repouso durante alguns minutos, comumente se separa em duas frações distintas: *coconut cream* (ou creme de coco, que contém a fração gordurosa como parte mais importante) e o *coconut skim milk* (ou fração aquosa, que contém a fração proteica principal presente no leite de coco) (DE MARTIN *et al.*, 1980). A quebra da emulsão é considerada um defeito físico inaceitável no leite de coco (SIMUANG; CHIEWCHAN; TANSAKUL, 2004).

Segundo Tangsuphoom e Coupland (2005), as partículas da emulsão possuem dimensão de aproximadamente 13,1 μm e podem ser ligeiramente reduzidas na homogeneização. As emulsões homogeneizadas tendem a formar flocos de partículas, o que aumenta a viscosidade do produto.

A operação é realizada em homogeneizadores tipo pistão ou moinho coloidal e deve ser complementada pelo uso de aditivos para manter o equilíbrio da fase aquosa e lipídica. Após esta etapa, o produto é envasado, geralmente em garrafas de vidro, e posteriormente encapsulado.

Tratamento Térmico: o leite de coco deve ser submetido a um tratamento térmico rigoroso em função, principalmente, de seu pH, em torno de 6,0, que possibilita o crescimento do *Clostridium botulinum*. O tipo de tratamento térmico empregado para o leite de coco varia em função da embalagem empregada.

O tratamento térmico do produto é realizado pela imersão das garrafas de vidro em banho-maria na temperatura de 98 °C – 99 °C durante um período de 60 minutos (para embalagens de 200 ml) e resfriadas posteriormente por aspersão de água, a uma temperatura de 50 °C, com posterior resfriamento em água mais fria. O tratamento térmico deve ser associado ao uso de conservantes. Para cada tipo de embalagem a permanência no banho-maria é diferenciada, sendo maior para embalagens de maior volume. Após tratamento térmico, o produto é resfriado, rotulado e armazenado em caixas de papelão para distribuição.

Com o uso de autoclavagem, é possível esterilizar o leite de coco em garrafas de vidro; nesta operação, dependendo do tipo de autoclave, a temperatura pode alcançar 120 °C. No caso de embalagens de vidro, o produto é resfriado, rotulado e armazenado em caixas para distribuição.

A esterilização é realizada principalmente nas embalagens cartonadas (caixinhas) por meio do sistema asséptico. No processamento asséptico, a temperatura a que o produto é submetido pode chegar a 140 °C por três a quatro segundos (processo UHT – *Ultra High Temperature*). Na embalagem cartonada, não é possível identificar a separação de fases, que muitas vezes ocorre no produto.

Nas embalagens cartonadas, as caixinhas já apresentam a estampa da rotulagem impressa, sem necessidade de uma operação distinta, seguindo, após tratamento térmico, para o armazenamento em caixas de papelão para distribuição.

9.3.2 Processamento do coco ralado e flocos de coco

O coco ralado é conhecido como sendo o resíduo obtido da extração do leite de coco após prensagem. Este resíduo é submetido a secagem, podendo ser utilizado para obtenção dos diferentes tipos de coco ralado.

Até a etapa de prensagem os procedimentos são os mesmos para obtenção do leite de coco, visto que o processamento do coco seco, seguindo as etapas descritas, gera tanto o leite de coco como coco ralado simultaneamente. Seria inviável, na agroindústria do coco, possuir somente uma das linhas de processamento.

A prensagem do coco é regulada de acordo com a qualidade do coco ralado desejado.

No setor de coco ralado, as etapas após prensagem são: secagem, embalagem, encaixotamento e armazenamento. As etapas de processamento de flocos de coco são semelhantes às do coco ralado, mas, conforme foi comentado anteriormente, a granulometria, no caso dos flocos, é maior que no coco ralado.

Pelas normas do *Codex Alimentarius* (FAO/WHO, 1991) o coco ralado é classificado de acordo com sua granulometria em:

Coco ralado extrafino: é o coco ralado desidratado em que, no mínimo, 90% em peso das partículas devem passar com facilidade por uma peneira com orifícios de 0,85 mm ou um máximo de 25%, em peso, passam por uma peneira com orifícios de 0,50 mm;

Coco ralado fino: é o coco ralado desidratado em que, no mínimo, 80% em peso das partículas devem passar com facilidade por uma peneira com orifícios de 1,40 mm ou um máximo de 20%, em peso, passam por uma peneira com orifícios de 0,71 mm;

Coco ralado médio: é o coco ralado desidratado em que, no mínimo, 90% em peso das partículas devem passar com facilidade por uma peneira com orifícios de 2,80 mm ou um máximo de 20%, em peso, passam por uma peneira com orifícios de 1,40 mm.

O coco ralado sem classificação compreende os grupos de cortes especiais com granulometria não definida (flocos, tiras etc.).

A produção do coco ralado queimado é feita por meio de uma mistura do produto com xarope de sacarose antes da secagem. A secagem promove a caramelização do açúcar adicionado conferindo ao produto sua cor e sabor característicos.

No caso do coco ralado adoçado, a mistura com açúcar é feita após a secagem antes do acondicionamento nas embalagens e, portanto, não

há caramelização do produto. Para o coco ralado adoçado, o teor de gordura é bem mais baixo do que o normal.

Secagem: O coco ralado parcialmente desengordurado é enviado ao setor de secagem para evaporação da água ainda presente no produto. A umidade inicial do coco ralado fresco é de 50%, devendo ser reduzida para 3% a 2%. A secagem na maioria das indústrias é feita em um secador que tem características de leite fluidizado, em alguns casos com adaptações como, por exemplo, um sistema de mistura mecânico com auxílio de pás. A temperatura de secagem varia em torno de 70 °C.

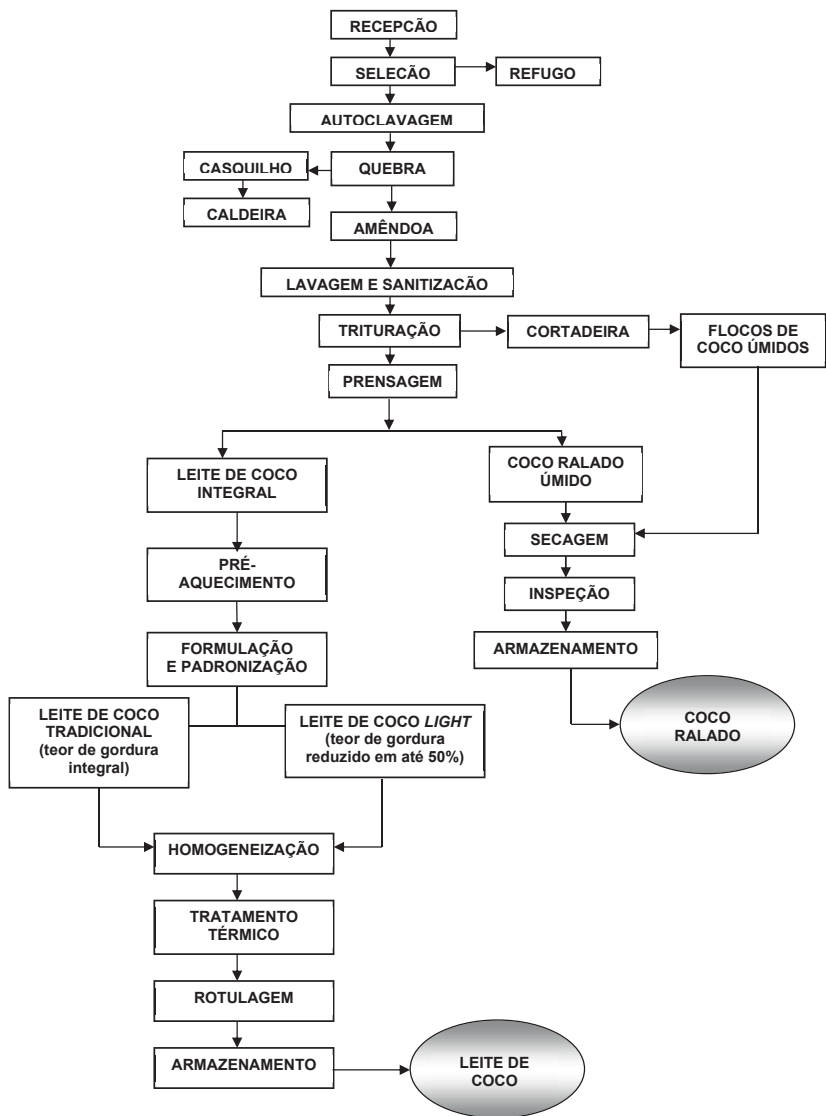
O tempo de secagem pode variar entre 60 e 90 minutos em sistemas contínuos e de até 120 minutos em sistemas descontínuos ou semicontínuos.

Inspeção Final: O coco ralado passa por uma inspeção criteriosa com uso de detectores de metais e dispositivos que possam minimizar a presença de corpos estranhos, como pontos escuros de película, insetos ou corpos metálicos, os quais são indesejáveis e afetam a qualidade do produto.

Acondicionamento: O coco ralado é acondicionado em embalagens laminadas flexíveis, que podem variar de 50 a 100 g para fins de venda ao varejo, e embalagens compostas de polietileno de baixa densidade na parte interna e de papel tipo *Kraft* na parte externa com capacidade de armazenamento de até 50 kg para vendas em atacado e fins industriais. O produto pode ser armazenado à temperatura ambiente por um período de até 12 meses devido a sua baixa atividade de água.

A Figura 1 apresenta o fluxograma das etapas de obtenção do leite de coco e do coco ralado.

Figura 1 – Fluxograma de processamento do leite de coco e coco ralado



Fonte: Elaborada pelos autores.

9.4 Tecnologia de processamento do coco verde

O mercado do coco verde tem crescido nos últimos anos e parte deste crescimento é em função do interesse dos consumidores pela água de coco, produto com propriedades nutricionais, principalmente relacionadas à sua excelente capacidade de hidratação e conteúdo de minerais. É conhecida por ser uma bebida leve, pouco calórica e bastante refrescante. Além disso, há um crescimento das indústrias de envasamento que vêm disponibilizando o produto vigorosamente no varejo, principalmente nos supermercados, restaurantes e lanchonetes.

A comercialização dos frutos é realizada por meio da venda direta dos frutos in natura, geralmente para intermediários, que revendem os produtos para o mercado varejista ou diretamente para o consumidor. Quando o fruto é industrializado, os produtores deslocam a produção para indústrias locais ou para revendedores intermediários das indústrias. Segundo Fontes e Wanderley (2006), estima-se um consumo nacional anual da ordem de 70 milhões de litros de água de coco envasada pelas indústrias.

A água de coco corresponde a aproximadamente 25% do peso do fruto, e sua composição básica apresenta 93% de água, 5% de açúcares, além de proteínas, vitaminas e sais minerais; o pH da água de coco varia de acordo com a idade do fruto, sendo que, na idade de cinco meses, o pH encontra-se em torno de 4,7 a 4,8, elevando-se acima de 5 até o final do crescimento do fruto. Apresenta em média 20 calorias/100 ml (ARAGÃO, 2000; ARAGÃO; ISBERNER; CRUZ, 2001).

Tradicionalmente, a água de coco é comercializada dentro do próprio fruto, prática que envolve problemas relacionados ao transporte, armazenamento e perecibilidade do produto, além dos resíduos da casca do coco.

O envasamento da água de coco, associado ao método de preservação da água, permite a comercialização de um grande volume de água sem o inconveniente da casca de coco, reduzindo, assim, os custos de transporte (FONTES; WANDERLEY, 2006). O desenvolvimento de novas tecnologias permitiu aumentar consideravelmente a vida útil da água de coco após a extração (ABREU *et al.*, 2005).

9.4.1 Coco verde para consumo in natura

O ponto ideal da colheita do fruto verde está associado a uma série de indicadores relacionados à planta, ao fruto, às características químicas e sensoriais da água, ligadas aos aspectos de nutrição, de alimentos e de saúde humana (ARAGÃO; ISBERNER; CRUZ, 2001). A determinação do ponto de colheita é feita pela associação de indicadores morfológicos relacionados à idade ou ao tamanho do fruto, ou ainda à contagem de folhas na planta e de parâmetros químicos relacionados à água (RESENDE *et al.*, 2002).

Para comercialização do coco verde in natura não existe ainda uma forma de apresentação definida. Os frutos, em geral, são comercializados a granel ou em cacho, dependendo da finalidade de comercialização.

Aroucha *et al.* (2006) afirma que o uso de revestimento de parafina nos frutos conserva a boa aparência por um período maior de tempo, estendendo o tempo de armazenamento por até 49 dias, com preservação da qualidade da água de coco.

Outras formas de comercialização ainda são restritas por se tratar de um produto altamente perecível. Contudo, alguns equipamentos desenvolvidos nos últimos anos têm facilitado a comercialização da água de coco in natura. São máquinas extratoras conhecidas como “Coco Express” em que o produto é oferecido diretamente ao consumidor. Trata-se de um sistema móvel de refrigeração instantânea da água de coco que extrai e refrigera a água sem intervenção do manipulador. O sistema é composto por uma caixa retangular com uma serpentina no interior, uma pequena torneira, uma haste tubular rosqueada, um funil de inox com um dispositivo especial condutor da água de coco, uma peneira e um vazador (COCO EXPRESS, 2007).

Com opção destas máquinas extratoras a disponibilidade da água de coco in natura aumentou e o consumidor também foi beneficiado, já que sabe exatamente qual o volume de água está consumindo, visto que no fruto este volume pode ser variável. No entanto, deve-se ressaltar que as condições higiênico-sanitárias destas máquinas devem ser

observadas com rigor, em virtude de que a água de coco é uma substância nutritiva e que pode servir de meio de cultura para microrganismos deteriorantes e patogênicos.

A água de coco in natura é definida pela legislação como a bebida obtida da parte líquida do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), por meio de processo tecnológico adequado, não diluído e não fermentado, que não tenha sido submetida a nenhum processo físico ou químico e que se destine para consumo imediato (BRASIL, 2020). Após a colheita, o fruto deve ser estocado em local fresco e seco, podendo ser consumido dentro de um período máximo de dez dias, após o qual se iniciam processos de deterioração que comprometem, principalmente, a acidez do líquido.

Devido à dificuldade de transporte, do peso dos frutos e principalmente de conservação do produto, além do fato do coco verde não estar disponível em todas as partes do país ao longo do ano, vários métodos de preservação vêm sendo estudados como tratamento térmico, filtração, pasteurização, ajuste de pH e sólidos totais, concentração por osmose inversa, adição de conservadores, carbonatação, dentre outros, além de várias combinações de métodos para preservação.

9.4.2 Métodos de preservação da água de coco

Em geral, os métodos de conservação buscam obter um alimento que apresente o maior conjunto possível de suas características naturais, prolongando a vida útil do produto e prevenindo ações microbiológicas, químicas e/ou enzimáticas que comprometem a qualidade do produto. A água de coco industrializada é um tipo de produto que deve ser obtido a partir de um processo tecnológico adequado, preservando tanto quanto possível suas características naturais.

Para a obtenção da água de coco embalada utilizam-se operações em que devem ser feitas as correções dos parâmetros como sólidos solúveis (°Bx) e acidez, podendo-se também usar aditivos que prolongam a vida de prateleira. Pode-se fazer uso de tratamento térmico tipo pasteurização ou UHT, refrigeração ou congelamento.

Os métodos de conservação têm como função a inibição da ação enzimática e a garantia da estabilidade microbiológica da água após abertura do fruto, além de manter o máximo possível suas características sensoriais originais.

A água de coco esterilizada, segundo o Regulamento Técnico do Ministério da Agricultura, é a bebida obtida da parte líquida do fruto do coqueiro (*Cocus nucifera* L.), por meio de processo tecnológico, que foi submetido a um processo adequado de esterilização “comercial”. O processo UHT (*Ultra High Temperature*) garante uma condição de esterilidade comercial, possibilitando uma estocagem à temperatura ambiente.

A água de coco envasada e congelada destaca-se como outra forma de conservação muito utilizada. Deve-se observar que, como a água de coco é um meio extremamente suscetível ao crescimento microbiano, a pasteurização é uma etapa necessária nesses processos para reduzir os níveis de contaminação, garantindo, assim, a saúde dos consumidores.

A água de coco envasada resfriada deve ser mantida e comercializada sob condições de resfriamento à temperatura máxima de 10 °C, segundo a legislação brasileira.

A tecnologia de microfiltração apresenta-se como um processo de esterilização a frio capaz de conservar o sabor e todas as propriedades nutritivas. Nesta técnica a carga microbiana presente na água de coco pode ser reduzida e até mesmo eliminada, pois os microrganismos são maiores do que os poros de determinadas membranas de microfiltração. As enzimas, que são macromoléculas, também podem ser removidas dependendo das características da membrana utilizada. Porém, as moléculas menores como os açúcares, as vitaminas e os sais minerais presentes na composição da água de coco permeiam pela membrana (AGRICULTURA 21, 2003; CABRAL, 2002).

A água de coco em pó, um outro método de conservação, foi padronizado recentemente por pesquisadores da Universidade Estadual do Ceará. A obtenção do produto ocorre numa sequência de procedimentos iniciada pela rigorosa seleção e higienização do fruto, seguida de colheita do líquido endospermico do coco (água de coco), sob a forma asséptica, realizada amostragem após filtração. O líquido

do coco filtrado é bombeado de forma contínua para o sistema de secagem. A amostra seca é então transformada em pó fino e uniforme, amorfo, destituído de água livre, com alta solubilidade. O produto conserva todas as características físico-químicas do coco in natura e tem várias aplicações industriais, desde o segmento de bebidas de reposição energética para atletas ao uso como diluente para sêmen em inseminação artificial de animais. Também é próprio para conservação de órgãos destinados a transplante, como a córnea (CLEVER, 2004; GALIZA, 2004).

Silva *et al.* (2003) avaliaram a estabilidade da água de coco submetida ao processamento tipo *Hot Pack* em que a água de coco foi padronizada, envasada em garrafas de vidro, sendo submetida a um tratamento térmico a uma temperatura de 100 °C durante 10 minutos e, em seguida, foi resfriada e armazenada à temperatura ambiente. O estudo concluiu que, por este processo, a água de coco se manteve estável microbiologicamente durante 120 dias de armazenamento, sendo aceito sensorialmente até 90 dias de avaliação, tornando-se uma alternativa viável de industrialização.

Observa-se o grande interesse das pesquisas e da indústria de alimentos em desenvolver técnicas de preservação para água de coco. No entanto, destacam-se como técnicas mais utilizadas a pasteurização e preservação com métodos combinados, a esterilização comercial e o congelamento. Essas técnicas serão descritas em detalhes a seguir.

Algumas etapas são comuns a qualquer processo de envase da água de coco. A seguir, são descritas as principais etapas envolvidas no processo de conservação da água de coco. O fluxograma apresentando as etapas dos principais métodos de preservação encontra-se na Figura 5.

RECEPÇÃO / SELEÇÃO: A recepção dos frutos deve ser feita em plataformas onde o descarregamento dos caminhões é mais facilitado. A área de recepção deve ser sempre higienizada, a fim de evitar contaminação dos frutos na plataforma de recebimento. Uma observação importante na recepção dos frutos deve ser a presença das estruturas do cálice e do pedúnculo, garantindo, assim, que o fruto

esteja protegido da contaminação microbiana em sua embalagem natural. Devem ser realizadas análises preliminares nos frutos como volume de água na cavidade, °Bx e pH, para verificação da qualidade. Atualmente, a indústria processadora de coco verde paga pelo volume de líquido nos frutos e não mais por unidade. A medição do volume de água é feita por amostragem da carga destinada à indústria.

Os cocos são submetidos a uma seleção criteriosa na qual são retirados os frutos excessivamente maduros, rachados e com lesões causadas por ácaros ou fungos ou pelo início da deterioração. O uso de esteiras transportadoras é indicado no caso de maiores capacidades de processamento. Recomenda-se uniformidade na maturação e variedade dos frutos. No caso de estocagem dos frutos, eles devem ser mantidos nos cachos, em galpões telados com boa ventilação, evitando-se a exposição aos raios solares e a temperaturas elevadas por um período não superior a dez dias.

LAVAGEM: Para retirada de sólidos grosseiros os frutos são submetidos a uma pré-lavagem, usando água de boa qualidade, mas sem quantidades de cloro ativo considerável. Esta operação pode ser feita em lavador automático rotativo provido de esteiras, aspersores, escovas e tanques de imersão, ou manualmente, em tanques, que podem ser de aço inox, de fibra de vidro revestida ou ainda construídos em alvenaria e revestidos com azulejo ou resina epóxi.

Em seguida, é realizada uma sanitização, desta vez com água clorada na faixa de 50 a 100 ppm de cloro ativo, onde os cocos são submersos 15 a 20 minutos com a finalidade de reduzir a carga microbiana. Após esta etapa, eles devem ser enxaguados com água de boa qualidade e baixo conteúdo de cloro (mesmas características da pré-lavagem) para remoção do excesso de água, e os cocos devem ser escorridos.

ABERTURA DO COCO / EXTRAÇÃO DA ÁGUA: A fase de abertura do coco é considerada um ponto crítico, uma vez que um sistema de abertura lento compromete a velocidade do processo, permitindo que alterações ocorram no produto, relacionadas a reações de escurecimento enzimático.

Os frutos podem ser perfurados com o auxílio de um equipamento manual semiartesanal. Trata-se de um instrumento do tipo furador ou vazador, dotado de broca ou de dispositivo oco e pontiagudo capaz de abrir um orifício no fruto. Esta técnica exige grande quantidade de mão de obra. Todos os utensílios e os equipamentos devem ser de material inerte e aqueles de corte dos frutos devem ser construídos em aço inoxidável. Isso evita que o contato de metais como aço carbono promova reações quando em contato com os compostos fenólicos como os taninos, causando escurecimento. A perfuração do coco é feita na extremidade superior do mesocarpo, removendo-se o cálice e o pedúnculo onde a superfície é mais macia, facilitando a perfuração do fruto.

Após a abertura, o coco deve ser vertido rapidamente em uma calha ou coletor, dotado de malha capaz de reter sólidos ou resíduos provenientes da etapa de abertura, como partes fibrosas dos frutos. Estes fragmentos devem ser retirados por peneiramento ou por uma filtração no momento da extração da água, pois contém elevada quantidade de compostos fenólicos que, em contato com o oxigênio, promovem reações de escurecimento enzimático. Peneiras com malhas finas, abaixo de 0,3 mm de abertura, devem ser usadas. Podem-se utilizar materiais em aço inox ou sintéticos (*nylon*), com malhas de 60 a 100 fios/ cm².

Em escalas maiores de produção podem ser utilizados equipamentos de extração mecanizada, que trabalham de forma contínua.

A água é recolhida e enviada para um tanque de estocagem temporária.

PADRONIZAÇÃO: Pode ser realizada uma padronização visando uniformizar, principalmente, o pH e os sólidos solúveis da água de coco. A padronização deve ser conduzida em um tanque de aço inoxidável.

O uso de aditivos (açúcares e ácidos orgânicos) também é adotado para padronização do sabor. A legislação brasileira permite a correção da acidez do produto e dos °Bx desde que a quantidade de açúcares utilizados não ultrapasse 1,0 g/100 ml. Além disso, dependendo do produto, outras substâncias poderão ser adicionadas com a finalidade de inibir reações de deterioração e aumentar a vida de prateleira tais como os sulfitos. Em qualquer caso, o rótulo não poderá apresentar a inscrição “produto 100% natural”.

9.4.2.1 Água de coco resfriada

De acordo com a legislação brasileira (BRASIL, 2002), água de coco resfriada é a bebida obtida da parte líquida do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), por meio de processo tecnológico adequado, não diluído e não fermentado, que foi submetido a um processo de pasteurização. A água de coco resfriada deve ser mantida e comercializada, sob condições de resfriamento, à temperatura máxima de 5 °C.

A **água de coco** deve ser pasteurizada para garantir a sua qualidade do ponto de vista microbiológico, garantindo, além da saúde do consumidor, uma vida de prateleira mais extensa para o produto. O tratamento térmico também reduz a atividade de enzimas como a polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) que causam escurecimento do produto e mudanças sensoriais. Contudo, o tratamento térmico excessivo promove mudanças no sabor e no odor do produto, além de afetar a sua composição nutricional.

Campos *et al.* (1996) observaram a presença e a atividade das enzimas polifenoloxidase (PPO) e peroxidase (POD) na água de coco verde, cujos nomes sistemáticos são, respectivamente, o-difenol oxigênio oxidoreductase (E.C.1.10.3.1) e hidrogênio peróxido oxidoreductase (E.C.1.11.1.7).

A polifenoloxidase (PPO) catalisa reações de oxidação de compostos fenólicos, na presença de oxigênio, cujos produtos se polimerizam formando compostos de cor escura. A peroxidase (POD) catalisa reações que estão associadas à deterioração de diversos nutrientes como o ácido ascórbico e também com o sabor dos alimentos (ROBINSON; ESKIN, 1991).

A avaliação da eficiência de um processo térmico envolvendo a água de coco depende da cinética de inativação térmica dessas enzimas. Campos *et al.* (1996) identificaram atividade máxima da PPO e POD em água de coco verde de 32,1 e 114,3 U/ml em temperaturas de 25 °C e 35 °C, respectivamente. Cursino *et al.* (1996) obtiveram uma completa inativação de atividade da POD em água de coco verde utilizando temperatura de 92 °C por seis minutos.

Campos *et al.* (1996) avaliaram diferentes tipos de tratamento para inativação das enzimas PPO e POD em água de coco verde envasada e observaram que o tratamento térmico de 90 °C durante 550s com adição de 10 mg/100 ml de ácido ascórbico e 5 mg/100 ml de metabissulfito de potássio foi, individualmente, o mais efetivo recurso para inativação enzimática. Além disso, a adição de ácido ascórbico em associação com o tratamento térmico foi o único tratamento que não afetou o flavor do produto.

Desta forma, para obtenção da água de coco resfriada, é interessante que se utilizem métodos combinados capazes de aumentar a vida de prateleira do produto por até seis meses, possibilitando maior flexibilidade na comercialização. Além disso, a utilização de métodos combinados possibilita um tratamento térmico utilizando temperatura mais baixa, preservando, assim, as características sensoriais e nutricionais do produto.

Na formulação, utilizam-se aditivos químicos como o metabissulfito de sódio, e o pH é corrigido com acidulantes orgânicos, tais como o ácido cítrico ou ascórbico, e mantido em valores inferiores a 4,5.

A pasteurização deverá ser conduzida em equipamentos do tipo trocadores de calor a placas dotados de sistema de aquecimento/resfriamento de forma a reduzir os níveis de contaminação microbiológica sem que haja redução na qualidade sensorial do produto e a temperatura deverá situar-se na faixa de 75 °C a 90 °C.

O produto deverá ser encaminhado rapidamente à etapa de envase, pré-resfriado a 5 °C. A água de coco resfriada é comercializada em garrafas plásticas do tipo “PET” (polietileno-tereftalato), podendo-se, ainda, observar o uso de copos com tampa termossoldável ou garrafas de polietileno de baixa densidade (PEBD).

9.4.2.2 Água de coco congelada

O congelamento pode ser realizado de diversas formas, de acordo com as escalas de produção, preferencialmente conduzido após pasteurização da água de coco, o que reduz a carga microbiana.

Independentemente do tipo de congelamento utilizado, a operação deve ser realizada no menor período possível, a fim de preservar as características originais do produto.

No congelamento lento, a formação dos cristais processa-se gradativamente; nesse caso o congelamento não é uniforme ao longo da embalagem e os açúcares e sais se concentram na última parte a ser congelada. Esse tipo de congelamento processa-se em câmaras frigoríficas com uso de ventilação forçada, em temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Uma opção de congelamento de alta eficiência é o uso de soluções criogênicas capazes de promover o congelamento rápido da água de coco. Neste sistema é possível atingir temperaturas abaixo de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo composto por uma unidade geradora de frio com serpentina da evaporação submersa em uma solução criogênica (ROSA; ABREU, 2002).

O tempo de congelamento médio para água de coco envasada em garrafas plásticas é de cerca de 15 a 30 minutos, dependendo da carga que for introduzida no sistema e da adoção de mecanismos de agitação durante a operação. O congelamento rápido e sob agitação controlada das embalagens proporciona melhor uniformidade do produto final, favorecendo a formação de pequenos cristais e de maneira uniforme.

A temperatura recomendada para seu armazenamento em câmaras frigoríficas situa-se entre $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. A legislação brasileira determina temperatura mínima de $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ para conservação da água de coco congelada. Em geral, a vida de prateleira desses produtos varia de três a seis meses.

O produto congelado é também comercializado em garrafas plásticas. Neste ponto, cabe salientar que alguns materiais de embalagem, tais como o PVC e o nylon, são incompatíveis com o congelamento, podendo sofrer rachaduras ou tornarem-se quebradiços.

9.4.2.3 Água de coco esterilizada

Após a abertura do fruto, a esterilização é a única forma de viabilizar a estocagem da água de coco à temperatura ambiente, uma vez que seu pH natural situa-se em faixas que possibilitam o crescimento de esporos bacterianos anaeróbios.

Segundo a legislação, a água de coco esterilizada é a bebida obtida da parte líquida do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), por meio de processo tecnológico, submetido a um processo adequado de esterilização “comercial” (BRASIL, 2002).

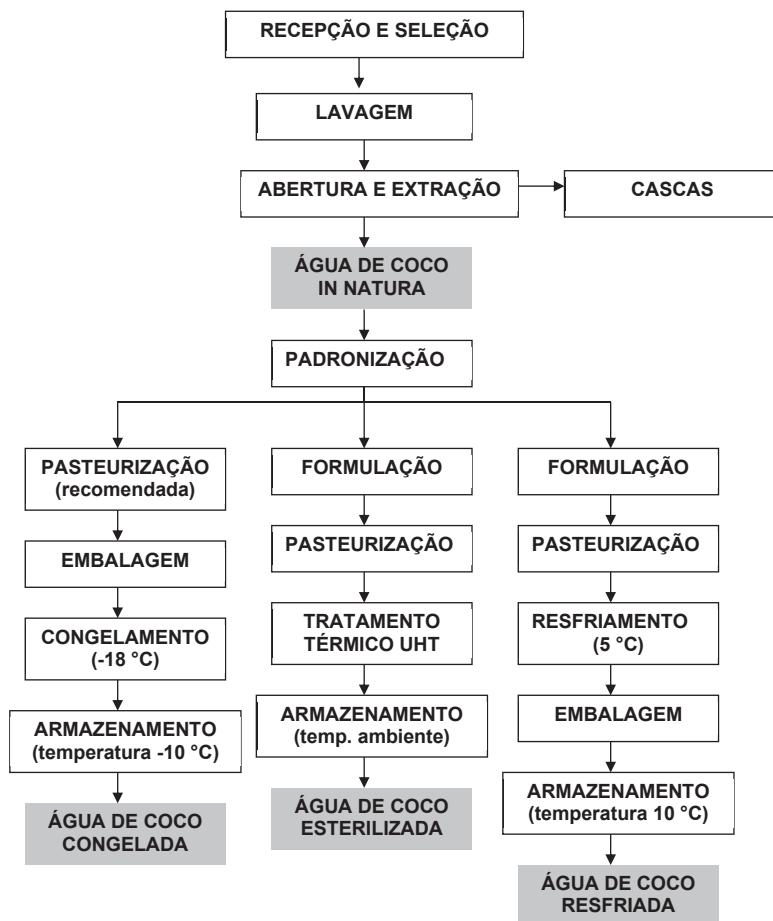
A água de coco, principalmente para o mercado do exterior, vem sendo processada pelas grandes indústrias, principalmente pelo processo UHT. Em embalagens assépticas, o produto, além de se conservar por longos períodos em temperatura ambiente, está protegido da incidência de luz e apresenta grande praticidade de consumo.

Na etapa de esterilização, o produto é submetido a temperaturas próximas de 140 °C e, apesar do tempo de esterilização ser de poucos segundos, este processo térmico tem uma desvantagem: não só elimina o risco das bactérias, mas também alguns elementos nutritivos, além de promover alterações drásticas no sabor. Exet e Hsueh (1998) detectaram escurecimento não enzimático (NEB) durante a esterilização de água de coco verde.

Segundo Abreu e Faria (2007), um tratamento térmico intenso, sem a adição de um antioxidante como o ácido ascórbico, acelera as reações de alteração de cor que são naturais da água de coco.

Essas alterações limitam seriamente a comercialização do produto. Outro fator a ser considerado na obtenção da água de coco esterilizada é que algumas indústrias fazem um *blend* de água de frutos verdes e água de frutos maduros, o que torna o produto com sabor ainda mais distante do natural.

Figura 2 – Fluxograma de processamento da água de coco por meio de diferentes métodos de preservação



Fonte: Elaborada pelos autores.

REFERÊNCIAS

ABREU, L. F.; FARIA, J. A. F. Influência da temperatura e do ácido ascorbico sobre a estabilidade físico-química e atividade enzimática da

água de coco (*Cocos nucifera* L.) acondicionada assepticamente. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 27, n. 2, p. 226-232, 2007.

ABREU, L. F. *et al.* Perfil sensorial e aceitabilidade de amostras de água de coco obtidas por diferentes processos de fabricação. *Boletim do CE-PPA*, v. 23, n. 2, p. 397-412, 2005.

AGRICULTURA 21. Enfoques: nueva bebida para el deporte: agua de coco. *Revista da FAO*, 2003.

ARAGÃO, W. M. *A importância do coqueiro anão verde. Coletâneas Rumos & Debates*, 2000. (Artigos Embrapa).

ARAGÃO, W. M.; ISBERNER, I. V.; CRUZ, E. M. de O. *Água de coco*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2001. (Documentos 24).

ARAGÃO, W. M. (ed.). *Coco: pós-colheita*. Brasília: Embrapa Informação Tecnologia, 2002. p. 54-57. (Série Frutas do Brasil, n. 29).

ARAGÃO, W. M. *O potencial do coqueiro híbrido para cocoicultura brasileira*. Disponível em: <http://riomar.cpatc.embrapa.br/index.php?idapagina=artigos&artigo=1130>. Acesso em: 7 mar. 2004.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 9, de 30 de janeiro de 2020. Estabelecer os padrões de identidade e qualidade para a água de coco, bem como os respectivos parâmetros analíticos, na forma desta Instrução Normativa e dos seus anexos. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 10 jan. 2020. Edição 22, Seção 1, p. 38. Edição 22.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 39, de 29 de maio de 2002. Aprova o Regulamento Técnico para fixação de identidade e qualidade da água de coco. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, 30 maio 2002.

CABRAL, L. M. C. Estabilização da água de coco verde por meio de filtração com membranas. *In*: ARAGÃO, W. M. (ed.). *Coco: pós-colheita*. Brasília: Embrapa Informação Tecnologia, 2002. p. 54-57. (Série Frutas do Brasil, n. 29).

CAMPOS, C. F. *et al.* Chemical composition, enzyme activity and effect of enzyme inactivation on flavor quality of green coconut water. *Journal of Food Processing and Preservation*, v. 20, p. 487-500, 1996.

CLEVER, L. Tecnologia: Ceará desenvolve água de coco em pó. *Diário do Nordeste*, Fortaleza, 24 abr. 2004. Disponível em: <http://www.diariodonordeste.globo.com/materia.asp?codigo=157528>. Acesso em: 25 abr. 2004.

COCO EXPRESS – Histórico. Disponível em: <https://www.cocoexpress.com.br>. Acesso em: 27 fev. 2007.

CURSINO, M. M. *et al.* Contribuição à industrialização da água de coco verde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 15., 1996, Poços de Caldas/MG. *Anais [...]*. Poços de Caldas/MG: SBCTA, 1996.

DE MARTIN, Z. J. *et al.* Processamento: produtos, características e utilização. In: MEDINA, J. C. *et al.* *Coco: da cultura ao processamento e comercialização*. São Paulo: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1980. p. 183-255.

EXETE-TZENG.; HSUEH-ERR-CHEN. Preventing nonenzymatic browning in coconut water during sterilization. *Food Science*, v. 25, n. 3, p. 304-313, 1998.

FAO/WHO Food Standards – Codex Alimentarius, Codex Stan 177-1991. Norma del Codex para el coco rallado desecado. 1991. Disponível em: http://www.codexalimentarius.net/web/index_en.jsp. Acesso em: 17 maio 2008.

FONTES, H. R.; WANDERLEY, M. *Situação atual e perspectivas para a cultura do coqueiro no Brasil*. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2006. 16 p. (Documentos, 94).

FRUTISÉRIES 3 – Minas Gerais. *Coco-verde*. Ministério do Meio Ambiente dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal – MMA. Brasília, 2000.

GALIZA, M. *Água de coco em pó facilita a difusão dos benefícios do produto' in natura'*. Sala de Imprensa, Notícias CNPq. Disponível em: www.cnpq.br/noticias/100504.htm. Acesso em: 25 dez. 2004.

- LEBER, A. S.; FARIA, J. A. F. Coco verde: características e cuidados pós-colheita. *Revista Frutas & Legumes*, n. 18, p. 36-38, 2003.
- OLIVEIRA, H. J. S. *et al.* Carbohydrate measurements on four brands of coconut water. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 27, n. 5, p. 1063-1067, 2003.
- PASSOS, E. E. M. Morfologia do Coqueiro. In: FERREIRA, J. M. S.; WARWICK, D. R. N.; SIQUEIRA, L. A. (ed.). *A cultura do coqueiro no Brasil*. 2. ed. Brasília: Embrapa – Serviço de Produção de Informação (SPI), 1998. cap. 2, p. 57-64.
- PIRES, M. M. *et al.* A cultura do coco: uma análise econômica. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 26, n. 1, p. 173-176, 2004.
- RESENDE, J. M. *et al.* Colheita e manuseio pós-colheita. In: ARAGÃO, W. M. (ed.). *Coco: pós-colheita*. Brasília: Embrapa Informação Tecnologia, 2002. p. 11-18. (Série Frutas do Brasil, n. 29).
- ROBINSON, D. S.; ESKIN, N. A. M. Oxidative enzymes in foods. *Elsevier Applied Science*, cap. 1, p. 1-47; cap. 6, p. 217-273, 1991.
- ROSA, M. F.; ABREU, F. A. P. *Água de coco: métodos de conservação*. Fortaleza: Embrapa CNPAT/SEBRAE-CE, 2000. 40 p. (Documentos 37).
- ROSA, M. F.; ABREU, F. A. P. Processos convencionais de conservação de água de coco. In: ARAGÃO, W. M. (ed.). *Coco: pós-colheita*. Brasília: Embrapa Informação Tecnologia, 2002. p. 42-53. (Série Frutas do Brasil, 29).
- SEOW, C. C.; GWEE, C. N. Coconut milk: chemistry and technology. *International Journal of Food Science & Technology*, v. 32, n. 3, p. 189-201, 1997.
- SILVA, C. R. R. *et al.* Estabilidade da água de coco submetida ao processo “hot pack”. *Publicatio UEPG: Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharia*, v. 9, n. 3, p. 15-21, 2003.
- SIMUANG, J.; CHIEWCHAN, N.; TANSAKUL, A. Effects of fat content and temperature on the apparent viscosity of coconut milk. *Journal of Food Engineering*, v. 64, n. 2, p. 193-197, 2004.
- SREBERNICH, S. M. *Caracterização física e química da água de fruto de coco (Cocos nucifera), variedades gigante e híbrido PB-121, visando ao desenvolvimento de uma bebida com características próximas às da*

água de coco. 1998. 189 f. Tese (Doutorado em Tecnologia dos Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

TANGSUPHOOM, N.; COUPLAND, J. N. Effect of heating and homogenization on the stability of coconut milk emulsions. *Journal of Food Science*, v. 70, n. 8, p. 466-470, 2005.

TAVARES, M. *et al.* Estudo da composição química da água de coco anão verde em diferentes estágios de maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 16., 1998, Rio de Janeiro. *Anais* [...]. Rio de Janeiro: SBCTA, 1998. CD-ROM.

10. TECNOLOGIA DO PROCESSAMENTO DA CASTANHA-DE-CAJU

10.1 Amêndoa de castanha-de-caju: características gerais e colheita

A amêndoa de castanha-de-caju é um dos produtos mais tradicionais da agroindústria do nordeste do Brasil. É um produto muito apreciado e com alto valor agregado, sendo sua produção destinada principalmente aos mercados internacionais.

Além dos aspectos econômicos relevantes para a pauta de exportação nacional, a cultura do caju traz inúmeros benefícios para o campo, sendo fundamental para a Região Nordeste. É uma cultura que ocorre no período de sequeiro (períodos de baixo índice pluviométrico na região), em que os agricultores têm limitadas opções de cultivo. Traz com isso uma produção muito associada a pequenas unidades de produção ou agricultores familiares, gerando renda para estas populações.

Considerando a importância da cultura do caju e do aproveitamento do seu produto mais nobre – a amêndoa de castanha-de-caju – este capítulo se dedica a apresentar aspectos de processamento e qualidade relacionados a este produto, abordando aspectos nutricionais e aplicações diferenciadas que o produto pode ter, além da forma de consumo in natura.

10.2 Amêndoa de castanha-de-caju: características gerais e colheita

O cajueiro pertence à família *Anacardiaceae* e é constituído por árvores e arbustos tropicais e subtropicais que apresentam ramos

sempre providos de canais resiníferos e folhas alternadas, coriáceas e sem estípulas. No Brasil, a *A. occidentale* L. apresenta algumas variedades, dentre as quais o cajueiro comum, o cajueiro-anão, o cajueiro de seis meses e o cajueiro precoce (LOPES NETO, 1997).

Planta típica da região nordeste do Brasil, atualmente também é encontrada bastante disseminada em países africanos e asiáticos. O Brasil por muitos períodos foi destaque na produção mundial de castanha-de-caju. Contudo, problemas relacionados à baixa produtividade do cajueiro comum, à inexistência de práticas culturais específicas, bem como os sucessivos períodos de seca no nordeste brasileiro provocaram queda considerável na produção de castanha-de-caju. Atualmente, o Brasil perde em produção para países como Vietnã, Costa do Marfim e Moçambique, de onde parte das indústrias locais necessitam em alguns anos adquirir sua matéria-prima para processamento.

Com técnicas adequadas de manejo, como a irrigação em localizada, a poda, a adubação e a substituição total ou parcial dos pomares de cajueiro comum pelo cajueiro-anão, é possível melhorar bastante a produção de amêndoas de castanha-de-caju.

De acordo com Montenegro *et al.* (2011), uma semana após a fertilização da flor, inicia o aparecimento dos maturis (castanha pequena). A maturação completa do caju (castanha e pedúnculo) ocorre entre 52 e 60 dias.

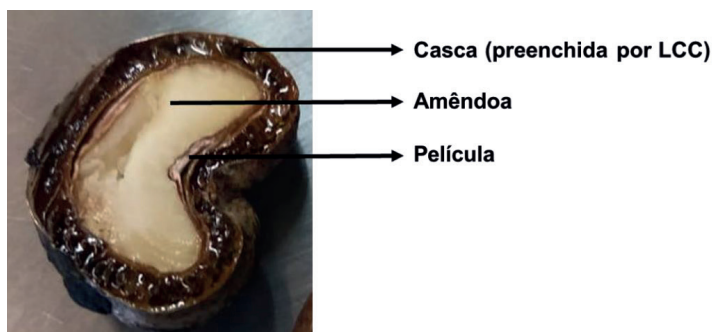
O crescimento da castanha e do pedúnculo não ocorre de forma homogênea. O desenvolvimento do fruto do cajueiro, denominado castanha-de-caju, é mais acelerado do que o do pedúnculo na fase inicial de crescimento. Após o desenvolvimento da castanha, atingindo seu tamanho máximo, o pedúnculo então se desenvolve rapidamente na planta. O caju não se desenvolve fora da planta-mãe, sendo classificado como não climatérico.

A castanha-de-caju é um aquênio de tamanho variável, casca coriácea lisa, mesocarpo esponjoso preenchido por um líquido escuro, cáustico e inflamável, chamado de líquido da casca da castanha do caju (LCC). O tamanho das castanhas-de-caju é um dos primeiros aspectos observados na indústria. No interior da castanha está localizada a

amêndoa de castanha-de-caju, composta por dois cotilédones de cor marfim clara e sabor suave, revestidos por uma fina película e avermelhada rica em compostos tânicos que lhe conferem um sabor mais amargo. A amêndoa isenta da película é a parte comestível do fruto.

As partes que compõem a castanha-de-caju estão representadas na Figura 1.

Figura 1 – Corte longitudinal da castanha-de-caju mostrando suas partes



Fonte: Foto e edição Joelia Marques.

De acordo com Figueiredo *et al.* (2002), antes da colheita alguns cuidados são necessários, tais como a poda de limpeza e o coroamento das plantas. Esse último consiste na roçagem da base da planta para eliminação dos restos vegetais. Esses cuidados diminuem a competição do cajueiro com plantas daninhas, reduzem as perdas na apanha da castanha e a incidência de doenças e pragas após a colheita.

A colheita em pomares tradicionais ocorre geralmente após a queda dos frutos e as castanhas de caju são separadas do pedúnculo por torção ou descastanhamento, ou por estrangulamento realizado por fio de nylon. Esta última técnica remove de forma mais eficiente os pedaços de pedúnculo que podem ficar aderidos à castanha-de-caju, propiciando o crescimento de fungos e processos de fermentação.

10.3 Beneficiamento da amêndoa de castanha-de-caju

O processamento da castanha-de-caju, visando seu beneficiamento, objetiva a retirada da amêndoa do interior da castanha e, secundariamente, extrair o LCC da casca, que é o seu principal subproduto (SOARES; ANDRADE; COSTA, 1986; PAIVA; SILVA NETO, 2020). O beneficiamento da castanha-de-caju envolve uma série de dificuldades, dentre elas a manutenção da integridade da amêndoa removida e a presença do LCC que não deve contaminar a amêndoa durante o seu processamento.

O beneficiamento da amêndoa de castanha-de-caju pode ocorrer de forma totalmente mecanizada, semimecanizada ou ainda de forma artesanal.

A produção de castanha artesanal é realizada por agricultores familiares em um processo rudimentar e sem nenhum controle operacional. As castanhas são aquecidas em uma chapa metálica sob fogo direto até a queima do LCC no interior da castanha. A casca queimada e bem seca facilita o processo de abertura, que é realizado de forma manual com o auxílio de pedaços de madeira para a quebra da casca. As amêndoas obtidas por esse procedimento apresentam queimaduras escuras que dificultam a comercialização.

De forma geral, a diferença entre os processos mecanizado e semimecanizado irá ocorrer na etapa de decorticação. No processo semimecanizado, a castanha recebe um tratamento térmico com vapor em autoclave, sendo resfriada e, em seguida, quebrada numa máquina por operação manual. Esse processo exige maior contingente de mão de obra, porém garante uma maior quantidade de amêndoas inteiras. Já no sistema mecanizado a castanha é imersa em LCC quente e quebrada por força centrífuga contra uma superfície metálica. Nessa operação, o número de funcionários necessários é bastante reduzido, entretanto o número de castanhas quebradas é mais elevado.

Nas demais etapas, o processo ocorre de forma similar tanto para a produção mecanizada como para a semimecanizada. A abordagem

deste capítulo é voltada para o processo de produção em grande escala, contudo destacaremos também as diferenças que são observadas na produção em minifábricas de beneficiamento de castanha de onde parte da produção destinada ao consumo interno é advinda.

Recepção e pesagem

As castanhas são transportadas em caminhões e enviadas às indústrias em sacos de rafia, com fluxo maior nos meses de safra, que no estado do Ceará compreende os meses de agosto a outubro. Nos demais estados produtores, o período de safra pode variar. No Piauí, por exemplo, a safra antecede ao período de produção em relação ao Ceará; já no Rio Grande do Norte, a safra ocorre posteriormente, o que permite o fluxo de produto nas unidades produtoras por um período mais prolongado. As castanhas adquiridas no período de safra devem ser bem acondicionadas para permitir a utilização ao longo do ano.

Na recepção, os lotes são pesados e deles retiradas as amostras para determinação de umidade e demais controles de qualidade do produto (separação de sujidades do campo, cajuís, pedaços de pedúnculo). Se a umidade for maior que 10%, as castanhas, após descarregamento, são encaminhadas para secadores até que atinjam a umidade desejada.

Secagem e armazenamento

Na etapa de secagem, as castanhas de caju são submetidas a secagem natural ao sol em grandes quadras cimentadas e cobertas por lonas claras ou telhas em policarbonato transparente, que permitem a passagem da luz solar e calor, mas que promovem proteção contra chuva, caso ocorra. As castanhas são mantidas nestas áreas por três dias em média, em camadas de até 10 cm, as quais devem ser reviradas constantemente para que a secagem ocorra de forma uniforme.

As castanhas de caju devem atingir umidade entre 8% e 10% para que estejam aptas à estocagem. Esta umidade permite a estocagem das castanhas após classificação por períodos de seis a doze meses, evitando o aparecimento de fungos e o desencadeamento de processos bioquímicos, que podem impactar negativamente na qualidade do produto final.

Limpeza

A castanha chega à indústria com grande quantidade de sujidades provenientes, principalmente, de folhas, pedras, areia, pedaços de pedúnculo e outras impurezas, que são fontes de contaminação e aceleram a deterioração das castanhas durante a armazenagem. A limpeza pode ser efetuada em peneiras manuais, peneiras vibratórias ou em chapas perfuradas utilizadas para a calibragem.

Classificação

Essa operação, também chamada de calibragem, consiste em separar as castanhas por tamanho, em cilindros rotatórios, cujas paredes são constituídas por chapas metálicas perfuradas de diâmetros diversos. O posicionamento do cilindro inclinado facilita a separação das castanhas de caju e o encaminhamento das castanhas retidas para outros cilindros a depender do tamanho. As castanhas classificadas são estocadas em sacos de rafia de até 1.000 kg, identificadas por tamanho conforme a classificação e estocadas em galpões cobertos até a saída para processamento. O ideal é que nesta etapa sejam inseridas informações como data da estocagem, tamanho da classificação, origem, entre outras que permitam a rastreabilidade do produto.

A calibragem permite um bom planejamento das etapas posteriores de beneficiamento, tais como a umidificação e o cozimento. As castanhas são classificadas conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação das castanhas-de-caju e especificações

Classe de castanha	Especificação técnica	Peso médio por unidade (g)	Nº castanhas /Kg
Grande	Castanha retida em peneira de malha 25 mm	14,8	90
Média	Castanha que passa na peneira 25 mm e fica retida em peneira de 23 mm	9,7	91-140
Pequena	Castanha que passa na peneira 23 mm e fica retida em peneira de 21 mm	7,4	141-220
Miúda	Castanha que passa na peneira 21 mm e fica retida em peneira de 19 mm	4,5	221-300
Cajuí	Castanha que passa na peneira 19 mm	2,3	Acima de 300

Fonte: Oliveira *et al.* (2005); Soares, Andrade e Costa (1986).

Umidificação

A umidificação eleva o teor de umidade da castanha com o objetivo de facilitar a remoção do LCC durante a etapa de cozimento ou fritura. As castanhas são imersas em água por dois a cinco minutos, seguido de um período de repouso de até três dias, cujo objetivo é promover a absorção de água e elevar a umidade a um patamar de 13% a 16% nas cascas e de até 9% na amêndoa.

A classificação anterior é uma etapa que impacta na umidificação, pois o tamanho das castanhas interfere na absorção de água e no tempo de umidificação. Se a umidificação não for suficiente para atingir os níveis de umidade esperados, é possível que o LCC não seja extraído de forma eficiente da casca, bem como pode facilitar a quebra das amêndoas em etapas posteriores.

No processo semimecanizado, esta etapa não ocorre, sendo substituída pela autoclavagem ou cozimento. Essa etapa acontece em autoclave a 110 °C/10 minutos sob pressão, ou por 30 minutos sob vapor em sistema aberto em condições similares a um banho-maria. As castanhas, dessa forma, não entram em contato direto com a água. Atualmente, há equipamentos adaptados para esta operação chamados de vaso-cozedores.

Extração do LCC

A castanha in natura apresenta características viscoelásticas que dificultam o seu beneficiamento. Para alterar essas características utiliza-se um tratamento térmico para tornar a casca mais frágil e, portanto, mais fácil de romper com pequena deformação. Os efeitos do tratamento térmico, no entanto, não devem se estender à amêndoa evitando danos e, conseqüente, depreciação do seu valor (FERRAZ *et al.*, 2005).

Diferentes processos podem ser empregados para a obtenção do LCC: extração a frio (prensas), extração por solvente e processo térmico-mecânico em que o próprio LCC quente é usado como meio para aquecer as castanhas in natura (MAZZETO; LOMONACO; MELE, 2009). O tratamento térmico pela imersão das castanhas no LCC em alta temperatura, realizado na indústria de beneficiamento, tem como objetivo tornar a casca frágil e promover uma maior separação entre casca

e amêndoa, provocado por uma dilatação entre a casca e a amêndoa (FERRAZ *et al.*, 2005).

No processo térmico-mecânico, as castanhas são imersas em tanques de ferro contendo LCC à temperatura de 200 a 220 °C, durante o tempo médio de dois minutos. Segundo Soares, Andrade e Costa (1986), o método baseia-se no princípio de que matérias-primas contendo óleos, quando aquecidas por esse mesmo óleo ou similar, liberam uma proporção maior de óleo contido em suas estruturas. De acordo com Mazzeto, Lomonaco e Mele (2009), nessa temperatura a casca externa se rompe e libera os alquilfenóis presentes na casca porosa (mesocarpo), seguido da remoção da casca interna, o que permite a recuperação das amêndoas.

A água absorvida durante a umidificação e o repouso, quando em contato com o LCC aquecido em temperatura muito mais elevada do que seu ponto de ebulição, é rapidamente evaporada, sendo expulsa dos alvéolos do mesocarpo da castanha-de-caju e arrastando o LCC conjuntamente.

Ao término da extração do LCC por meio do processo térmico-mecânico, as castanhas são direcionadas para uma centrífuga onde se remove o LCC aderido. O resíduo de LCC ainda nas cascas pode ser extraído por prensagem, utilizando uma prensa tipo *expeller*.

As cascas contendo ainda LCC têm alto poder calorífico e podem ser utilizadas na própria indústria como combustível para as caldeiras, podendo ser comercializado o seu excedente para outras indústrias com a mesma finalidade.

A etapa de extração do LCC da maneira como foi descrita não ocorre no processo semimecanizado.

Resfriamento

As castanhas são resfriadas em peneiras vibratórias para facilitar as operações posteriores. O resfriamento é necessário principalmente no processo semimecanizado, visto que a decorticação é feita de forma manual.

Decorticação

O sistema mecanizado de processamento da castanha-de-caju utiliza decortificador de múltiplos impactos aleatórios para romper a casca,

sendo um dos principais gargalos na produção de amêndoas inteiras (FERRAZ *et al.*, 2005). O processo de descasque automático é feito por choque ou impacto da castanha-de-caju sobre um disco que a arremessa em alta rotação contra uma chapa-alvo de formato cilíndrica (PAIVA; SILVA NETO, 2013).

As cascas secas pela elevada temperatura da fritura se fragilizam e se quebram com a ação mecânica, abrindo a castanha e liberando a amêndoa e a película aderida. Após a abertura da casca, a amêndoa é separada das cascas e do pó gerado no processo utilizando sistemas pneumáticos e peneiras vibratórias.

No processo semimecanizado, as amêndoas são separadas manualmente em equipamentos formados por lâminas em formato e tamanho de acordo com a calibragem das castanhas. Geralmente são necessários dois funcionários para agilizar o processo de decorticação, em que um faz a abertura enquanto outro faz a retirada da amêndoa com uma pequena faca. Como não há retirada do LCC em etapa posterior, é necessário o uso de luvas para evitar queimaduras pela ação cáustica do LCC. Devido ao processo manual, o percentual de amêndoas inteiras e de cor clara neste processo é maior quando comparado com os processos mecanizados, embora a necessidade de mão de obra para a operacionalização do processo seja intensa para uma boa produtividade.

Secagem das amêndoas (estufagem)

As amêndoas são secas em estufas com circulação forçada de ar em bandejas sobrepostas à temperatura média de 80 °C até que atinjam umidade de 2,5% a 3%. Este processo pode durar até seis horas. Após secagem, a película fica mais quebradiça e é facilmente removida. Após a estufagem as amêndoas permanecem em repouso.

Despeliculagem

Consiste na remoção da película que envolve a amêndoa mediante injeção de ar comprimido que, por atrito promovido pelo movimento, remove a película. A fina película é separada da amêndoa por ventilação e posterior aspiração das partículas. Esta película é rica em compostos

fenólicos como taninos, que conferem sabor amargo, contudo, por possuir teor de lipídeos e proteínas, podem ser incorporados na composição de ração animal em mistura com outros componentes.

As amêndoas que não foram totalmente despeliculadas retornam ao circuito inicial ou seguem para a despeliculagem manual (raspagem).

No processo semimecanizado, a despeliculagem é feita de forma manual ou por atrito contra superfícies perfuradas com o uso de escovas. A película aderida que não foi removida por este processo poderá seguir para raspagem manual. Caso seja necessário, a amêndoa de castanha-de-caju poderá retornar para estufagem.

Seleção e classificação

As amêndoas de castanha-de-caju para fins de comercialização são classificadas de acordo com o tamanho, cor e integridade das amêndoas.

Para fins de exportação, a classificação pode utilizar normas internas dos países importadores tais como o caso dos EUA que possuem normativa própria para a classificação da amêndoa de castanhas-de-caju, regulamentado pela *Association of Food Industries* (AFI). Tem-se observado que o Ministério da Agricultura no Brasil acompanha a classificação internacional, o que facilita a comercialização do produto no mercado nacional e internacional.

A amêndoa da castanha-de-caju será classificada em classes, subclasses e tipos. A classificação em subclasses ocorre para a castanha-de-caju inteira e o pedaço, em função respectivamente do número de amêndoas contidas em uma porção de 453,59 g e da sua granulometria (BRASIL, 2017). A classificação por classes e subclasses está apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 – Classificação da amêndoa de castanha-de-caju

Designação	Classificação quanto ao tamanho e granulometria	Subclasses
Inteira (W)	Castanhas inteiras	Inteira superespecial (SLW), inteira especial (LW ou W210), inteiras (W240, W280, W320, W450), inteira pequena (SW ou W550), inteiras sem calibração (W3, WM, W4 e W5)
Banda (S)	Constituídas de cotilédones inteiros, incluídos aqueles com fratura transversal de até 1/8 do seu tamanho original	Sem subclasse
Batoque (B)	Constituída de amêndoas com fratura transversal em um ou em ambos os cotilédones, com dimensão superior a 3/8 e inferior a 7/8 do tamanho original da amêndoa	Sem subclasse
Pedaço (P)	Pedaços de amêndoas de tamanhos variados, que ficaram retidos na peneira de malha 8 ou 2,36 mm de abertura, confeccionada em fio 20 SWG;	Pedaço grande (P), pedaço pequeno (SP), pedaço super-pequeno (SSP)
Grânulo (G)	Produto que vazar na peneira de malha 7 (sete) ou 2,80 mm, e que ficar retido na peneira de malha 10 (dez) ou 1,70 mm de abertura, confeccionada em fio 24 SWG	Sem subclasse
Xerém (X)	Produto que vazar na peneira de malha 8 ou 2,36 mm e que ficar retido na peneira de malha 14 ou 1,19 mm, confeccionada em fio 26 SWG	Sem subclasse
Farinha (F)	Produto que vazar na peneira de malha 14 ou 1,19 mm confeccionada em fio 26 SWG	Sem subclasse

Fonte: Brasil (2017).

Em relação aos tipos, a amêndoa de castanha-de-caju é classificada em relação a sua cor e aos limites máximos de tolerância de defeitos. A tipificação das amêndoas de castanha-de-caju está apresentada no Quadro 3:

Quadro 3 – Tipificação da amêndoa de castanha-de-caju conforme legislação brasileira

Tipos	Características
Tipo 1	Amêndoas de coloração uniforme que pode ser branca, amarelo-clara, marfim pálida ou cinza-clara;
Tipo 2	Amêndoas de coloração amarela, marrom-clara, marfim clara, cinza-clara ou marfim-forte;
Tipo 3	Amêndoas de coloração amarelo forte, marrom, âmbar, e azul, variando de claro a escuro, podendo apresentar-se ligeiramente murchas, imaturas, pintadas, manchadas ou, de outra maneira, descolorida;
Tipo 4	Constituído de amêndoas com coloração idêntica à dos Tipos 1 e 2, apresentando-se brocadas ou com pequenos pontos pretos em um ou em ambos os cotilédones;
Tipo 5	Amêndoas inteiras, com coloração idêntica à dos Tipos 3 e M, apresentando-se acentuadamente brocadas;
Tipo 6 ou M	Amêndoas inteiras avermelhadas ou de coloração marrom escura, com manchas acentuadas, queimadas ou com dano superficial.

Fonte: Brasil (2017).

A Figura 1 apresenta exemplos de amêndoas inteiras e suas diferenças de tonalidades e aspectos relacionadas à tipificação.

Figura 1 – Amêndoas inteiras e suas diferenças de tonalidades e aspectos relacionadas à tipificação



Fonte: Fotos de Resibras, 2020.

Em uma primeira etapa do processo, separam-se as amêndoas por cor. Elas são selecionadas em esteiras, onde o trabalho é realizado principalmente por operárias. Cada esteira tem comprimento de até 12 m e as amêndoas podem passar até três vezes no mesmo circuito.

Atualmente, além da seleção visual nas esteiras, são utilizados classificadores de cor, que trabalham utilizando fotocolorímetros para identificação de nuances de coloração de forma mais precisa. Um trabalho complementa o outro, pois, nas esteiras, além da separação por coloração, são separadas também as amêndoas de diferentes classes, além de também se separar as queimadas e/ou impróprias.

Raspagem

Toda amêndoa que ainda tenha película aderida proveniente das esteiras do despelicamento, seleção e classificação é encaminhada ao setor de raspagem. Também são encaminhadas as queimadas. A raspagem é feita manualmente utilizando um raspador. As amêndoas, nas quais o processo de raspagem foi realizado, são encaminhadas para seleção e posterior aproveitamento.

Acondicionamento

As amêndoas de castanha-de-caju in natura ao final do processamento encontram-se com umidade em torno de 3,5% a 4,5% e deverão ser embaladas de modo a preservar a baixa umidade, que interfere diretamente na textura do produto. As amêndoas são embaladas e previamente pesadas em embalagens que podem variar de acordo com a quantidade.

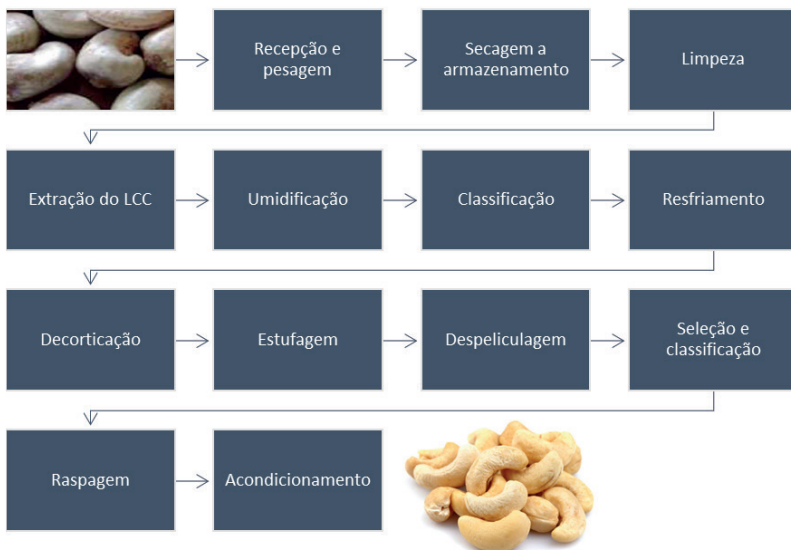
Para distribuição em atacado, são geralmente embaladas em sacos metalizados, onde é feito o vácuo para retirada do ar do produto. Os sacos metalizados são colocados em uma embalagem secundária de papelão. Podem ainda ser embaladas em latas de folha de flandres com capacidade de 25 Lb (11,34 kg), onde também é feito o vácuo, seguido de injeção de CO₂ como gás inerte. As embalagens para venda a varejo são geralmente sacos plásticos metalizados ou latas compostas de material metálico e plástico sempre com ausência de luz e oxigênio.

Independentemente do tipo de embalagem, é importante a manutenção da baixa umidade, ausência de luz e de oxigênio. A baixa umidade inibe o desenvolvimento de microrganismos deteriorantes e mantém a textura ideal do produto. A presença de água também pode desencadear reações de hidrólise e consequente liberação dos ácidos graxos presentes na fração lipídica, elevando a acidez do produto.

Já o uso do vácuo e de embalagens que promovem barreiras físicas à entrada de luz impedem o processo de iniciação da reação de rancidez oxidativa dos lipídios presentes da amêndoa de castanha-de-caju, que impactam no sabor e na qualidade nutricional do produto final.

Conservadas em ambiente adequado, livre de umidade, a amêndoa de castanha-de-caju tem uma vida de prateleira que pode variar entre 12 a 24 meses. A classe da amêndoa de castanha-de-caju e o tipo de embalagem podem impactar diretamente no tempo de armazenamento e comercialização do produto.

Fluxograma do beneficiamento da amêndoa de castanha-de-caju



Fonte: Elaborada pelos autores.

10.4 Importância nutricional da amêndoa de castanha-de-caju

A amêndoa da castanha-de-caju é muito rica em nutrientes e fitoquímicos de interesse para a saúde humana. Destaca-se a presença de elevados teores de lipídios de boa qualidade como os ácidos graxos mono e poli-insaturados altamente energéticos, além de possuir elevado teor de proteínas e minerais como cálcio, ferro e fósforo.

Devido ao seu perfil nutricional, a castanha-de-caju tem destacado consumo em dietas para ganho de massa muscular devido ao teor de proteínas e fibras. É um alimento que promove saciedade por mais tempo devido ao teor e à qualidade dos lipídeos presentes em sua composição. É bastante consumida por praticantes de esporte, geralmente antes da atividade física, juntamente com outras frutas secas como a uva ou o damasco.

A composição média das amêndoas de castanha-de-caju, segundo dados da literatura, encontra-se descrita no Quadro 4.

Quadro 4 – Composição da amêndoa de castanha-de-caju

Componentes	Valores	Referências
Umidade (%)	3,29	Lima, García e Lima (2004)
Cinzas (%)	2,50	Lima, García e Lima (2004)
pH	6,20	Melo <i>et al.</i> (1998)
Acidez total (% ác. oleico)	0,96	Melo <i>et al.</i> (1998)
Proteína % (N x 6,25)	21,3	Lima e Gonçalves (1998)
Lipídios totais (%)	46,2	Lima e Gonçalves (1998)
Tocoferóis totais (mg/100g)	10,58	Lima, García e Lima (2004)
Ácidos graxos saturados (%)	17,26	Lima, García e Lima (2004)
Ácidos graxos insaturados (%)	82,74	Lima, García e Lima (2004)

Fonte: Elaborada pelos autores.

A amêndoa de castanha-de-caju possui em sua composição predominância de lipídios contendo valores médios superiores a 40% de lipídios totais em sua composição. Entretanto, comparada a outras nozes e amêndoas, a amêndoa de castanha-de-caju não apresenta teor de

lipídios elevados. Kornsteiner, Wagner e Elmadfa (2006) compararam a amêndoa de castanha-de-caju com outras nozes e amêndoas e nesse estudo observou-se que, enquanto a macadâmia apresentou teor lipídico de 76,2%, a amêndoa de castanha-de-caju atingiu 46,1%.

Vincent *et al.* (2009), estudando a farinha desengordurada de amêndoa de castanha-de-caju, concluíram que o produto é uma fonte de importantes nutrientes quando comparado com outros alimentos. A presença de grande quantidade de proteína na farinha de amêndoa de castanha representa uma boa fonte de aminoácidos para crianças e adultos. Também a presença de bons níveis de elementos minerais é importante na reabilitação de desordens nutricionais relacionadas a esses elementos.

A composição de ácidos graxos pode ser usada como um indicador de estabilidade, propriedades físicas e valor nutricional (CHANDRASEKARA; SHAHIDI, 2011a). De acordo com Lima, García e Lima (2004), embora haja elevado percentual de ácidos graxos insaturados na amêndoa de castanha-de-caju, a predominância desses ácidos graxos é de ácido oleico e linoleico. Esses ácidos graxos são mais estáveis em relação à oxidação, garantindo uma maior estabilidade do óleo obtido a partir da amêndoa de castanha-de-caju. Ainda, segundo os autores, a presença de ácido linoleico, sob o prisma nutricional, é bastante favorável, pois se trata de um ácido graxo essencial.

Os ácidos graxos essenciais servem como matérias-primas com as quais o organismo fabrica substâncias semelhantes a hormônios, que regulam uma grande variedade de funções: pressão arterial, coagulação sanguínea, lipídeos do sangue, resposta imunológica, resposta inflamatória a lesões, infecções e muitas outras. Também servem como partes estruturais das membranas celulares e são essenciais ao crescimento normal das crianças e lactentes (SIZER; WHITNEY, 2003).

O ácido linoleico é o principal membro do grupo de ácidos graxos da família dos ácidos graxos ω -6, assim denominados devido a sua estrutura química. O organismo é capaz de converter o ácido linoleico em outros membros de sua família ω -6, e esses desempenham papéis ativos no funcionamento do organismo (SIZER; WHITNEY, 2003).

Além do ácido linoleico, a amêndoa de castanha-de-caju é rica em tocoferóis e tocotrienóis. Lima, Garcia e Lima (2004) encontraram 10,58 mg/100 g de tocoferóis totais no óleo extraído da amêndoa de castanha-de-caju. Resultado semelhante foi descrito por Lima e Gonçalves (1998).

Outros compostos bioativos foram descritos na amêndoa de castanha-de-caju. De acordo com Trox *et al.* (2011), na amêndoa de castanha-de-caju, além dos tocoferóis (α e γ), podemos encontrar β -caroteno, luteína, zeaxantina e tiamina. Segundo os mesmos autores, os níveis de catequinas e epicatequinas encontrados na amêndoa de castanha-de-caju são elevados, tornando-a um alimento de alto valor nutricional, pois esses polifenóis (catequinas e epicatequinas) estão relacionados a propriedades antioxidantes, antimutagênicas, antidiabéticas, anti-inflamatórias, antibacterianas e antivirais.

Chandrasekara e Shahidi (2011b), avaliando o potencial antioxidante e os compostos polifenólicos da amêndoa de castanha-de-caju, concluíram que ela é uma fonte natural de antioxidantes e pode diminuir o risco de doenças.

10.5 Outros produtos elaborados a partir da amêndoa de castanha-de-caju

As amêndoas de castanha-de-caju em todas as suas classes podem ser consumidas considerando os limites de defeitos e padrões de qualidade estabelecidos em legislação própria. Entretanto, para elaboração de subprodutos como óleo, farinhas, manteiga e na confeitaria há uma tendência de uso das amêndoas de classes inferiores – brocadas, queimadas, quebradas ou granuladas, já que as amêndoas inteiras possuem um valor de mercado elevado e garantia de consumo interno e, principalmente, externo.

Segundo Carvalho (2015), a amêndoa de castanha-de-caju tem um grande potencial para a extração de óleos devido ao seu elevado teor de lipídeos que chega a 50% de sua composição. A característica dos ácidos graxos presentes nessa composição lipídica é outro fator que estimula a produção

e o consumo de óleos a partir dessa matriz. Os ácidos graxos presentes são majoritariamente monoinsaturados (ácido oleico), mas também apresenta ácidos graxos saturados e poli-insaturados em sua composição.

O trabalho desenvolvido por Carvalho (2015) mostrou as possibilidades para o desenvolvimento de óleo a partir da extração por prensagem direta a frio ou com aquecimento prévio em micro-ondas. O produto apresentou boa avaliação sensorial, além de características nutricionais interessantes como a presença de fitoesteróis. O óleo pode ter um apelo gourmet e aplicação como produto regional para uso na gastronomia. Em grupo de foco, o produto foi avaliado como comparável ao azeite de oliva, não em sabor, mas, sobretudo, por ser um óleo extraído a frio, que mantém suas características de aroma e sabor delicado. Pelo método de extração a frio, também foi apontada a possibilidade do consumo direto em saladas e outros preparos culinários.

Um fator importante é destacar que o óleo descrito no trabalho é extraído de amêndoas de classes inferiores, tais como a W4 e granulados, que podem viabilizar opções de mercado além do consumo direto.

Uma outra opção que tem surgido para o aproveitamento das amêndoas de classificação inferior é a pasta de castanha-de-caju. Lima e Duarte (2006) desenvolveram um produto similar à tradicional pasta de amendoim, utilizando a amêndoa de castanha-de-caju misturada com sabores como a canela e o chocolate. A aceitação do produto e a intenção de compra foi elevada, mostrando o potencial de uso das amêndoas de castanha-de-caju na formulação de novos produtos.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 2 de 6 de fevereiro de 2017. Regulamento técnico da amêndoa de castanha-de-caju. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 17 fev. 2017. n. 35, Seção 1, p. 187.

CARVALHO, J. M. *Óleo de amêndoa de castanha-de-caju virgem e extra virgem*: processamento, caracterização, avaliação sensorial e bioatividade.

2015. 156 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

CHANDRASEKARA, N.; SHAHIDI, F. Oxidative stability of cashew oils from raw and roasted nuts. *Journal American Oil Chemical Society*, v. 88, p. 1197-1202, 2011a.

CHANDRASEKARA, N.; SHAHIDI, F. Antioxidative potential of cashew phenolics in food and biological model systems as affected by roasting. *Food Chemistry*, v. 129, p. 1388-1396, 2011b.

FERRAZ, A. D. O. *et al.* *Tecnologia para decorticação da castanha-de-Caju*. São Carlos/SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2005. (Circular Técnica, v. 26).

FIGUEIREDO, R. W. *et al.* Colheita e pós-colheita da castanha. In: ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C. *Caju: pós-colheita*. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. 36 p.

KORNSTEINER M.; WAGNER, K. H.; ELMADFA, I. Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types. *Food Chemistry*, n. 98, p. 381-387, 2006.

LIMA, J. R.; DUARTE, E. A. Pastas de castanha-de-caju com incorporação de sabores. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 41, n. 8, p. 1333-1335, 2006.

LIMA, J. R.; GONÇALVES, L. A. G. Caracterização da fração lipídica de amêndoas de castanha-de-caju fritas e salgadas. *Boletim do CEPPA*, v. 16, n. 2, p. 131-138, 1998.

LIMA, A. C.; GARCÍA, N. H. P.; LIMA, J. R. Obtenção e caracterização dos principais produtos do caju. *Boletim do CEPPA*, v. 22, n. 1, p. 133-144, 2004.

LOPES NETO, A. *Agroindústria do Caju*. Fortaleza: Edições Iplance, 1997. 296 p.

- MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D.; MELE, G. Óleo da castanha-de-caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. *Química Nova*, v. 32, n. 3, p. 732-741, 2009.
- MELO, M. L. P. *et al.* Caracterização físico-química da amêndoa da castanha-de-caju (*Anacardium occidentale* L.) crua e tostada. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 18, n. 2, 1998.
- MOREIRA, A. A. *O cajueiro: vida, usos e estórias*. Fortaleza: Banco do Nordeste, 2002.
- MONTENEGRO, A. A. T. *et al.* *Plantio, manejo e comercialização da cultura do cajueiro-anão precoce*. Fortaleza: Instituto Frutal, 2011. 123 p.
- OLIVEIRA, V. H. *et al.* *Cajucultura: produção, processamento e certificação*. Fortaleza: Instituto Frutal, 2005. 73 p.
- PAIVA, F. F. A.; SILVA NETO, R. M. *Agência de Informação Embrapa – Caju: castanha*. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/caju/arvore/CONT000fieic8vq02wyiv80z4s473g880f2p.html>. Acesso em: 26 fev. 2020.
- SILVA, F. M. R. *et al.* Cashew gum and maltodextrin particles for green tea (*Camellia sinensis* var *Assamica*) extract encapsulation. *Food Chemistry*, v. 261, p. 169-175, 2018.
- SIZER, F. S.; WHITNEY, E. *Nutrição: conceitos e controvérsias*. 8. ed. São Paulo: Manole, 2003.
- SOARES, A. A.; ANDRADE, C. L. T.; COSTA, E. L. *Seminário temático: prospecção de demandas de pesquisa em agricultura irrigada para a região semiárida de Minas Gerais*. Montes Claros: Embrapa, 1986. (Documentos 12).
- TROX, J. *et al.* Catechin and epicatechin in testa and their association with bioactive compounds in kernels of cashew nut (*Anacardium occidentale* L.). *Food Chemistry*, n. 128, p. 1094-1099, 2011.
- VINCENT, O. S. *et al.* Proximate and mineral composition of roasted and defatted cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) flour. *Pakistan Journal of Nutrition*, n. 8, v. 10, p. 1649-1651, 2009.

11. TECNOLOGIAS NÃO CONVENCIONAIS PARA PRODUTOS DE FRUTAS TROPICAIS

11.1 Introdução

Para o processamento de produtos provenientes de frutas tropicais usualmente são utilizadas técnicas convencionais, visando padronização e aumento do tempo de prateleira, envolvendo operações como filtração e pasteurização, que já apresentam condições ideais de processamento para a maioria das frutas. Porém, novas operações e tecnologias emergentes na indústria de vegetais estão sendo apresentadas aos produtores e consumidores, resultando em produtos de alto valor agregado, que podem preservar de melhor forma as características sensoriais e nutricionais dos produtos, além da possibilidade de inclusão de substâncias bioativas ou antimicrobianas sem alteração de suas características sensoriais e condições de processamento.

A aplicação de tecnologias não térmicas de conservação de alimentos satisfaz o consumidor que está cada vez mais exigente em relação aos produtos que consomem, ou seja, em sua busca por alimentos processados mais similares aos in natura e que apresentem elevada qualidade nutricional e sensorial (RIENER *et al.*, 2008).

Dessa forma, a utilização de tecnologias não convencionais na indústria de produtos de frutas tropicais apresenta destaque atual nesse mercado, sendo constantemente divulgados novos dados sobre a utilização dessas tecnologias.

11.2 Filtração por membranas

A utilização de membranas na indústria de sucos de frutas visando à retenção de microrganismos e aumento da vida de prateleira desses produtos

tem fornecido aos consumidores produtos com elevada qualidade sensorial e nutricional, apresentando muitas similaridades aos produtos in natura, tendo em vista a ausência da aplicação do tratamento térmico. Dessa forma, atualmente, as membranas são utilizadas não somente na clarificação, mas na concentração de sucos, modulação do perfil de composição, recuperação de compostos funcionais de sucos ou coprodutos de frutas e até inibição enzimática. Deve-se destacar que a utilização de membranas no processamento de frutas apresenta, além de potencialidade para a qualidade do alimento, benefícios em termos de baixo consumo de energia e impacto ao ambiente (DORNIER; BELLEVILLE; VAILLANT, 2018). Cassano, Conidi e Drioli (2018) destacam a importância da utilização da maceração enzimática como etapa prévia à utilização de membranas, resultando em aumento do rendimento do produto final.

11.3 Probióticos, prebióticos e simbióticos

Produtos de frutas adicionados de prebióticos e probióticos também vêm sendo desenvolvidos, como alguns sucos de frutas tropicais (FONTELES; RODRIGUES, 2018). Faz-se necessária a avaliação da viabilidade da utilização de prebióticos e probióticos em produtos de frutas, tendo em vista que o pH da maioria das frutas tropicais é muito baixo e muitas vezes esses produtos são submetidos a tratamentos térmicos, que podem provocar mudanças na estrutura e funcionalidade desses compostos/organismos.

11.4 Encapsulação de compostos bioativos

A utilização da encapsulação na área de produtos de frutas também apresenta destaque no mercado atual. Nessa tecnologia são formadas, de forma intencional, partículas de tamanho muito pequeno, que podem ser classificadas em micro (10^{-3}) ou nanopartículas (10^{-9}).

Diversas substâncias podem ser encapsuladas em matrizes compostas por carboidratos e proteínas, ou a combinação de diferentes matrizes, visando enriquecer o produto de fruta com compostos bioativos ou antimicrobianos (Quadro 1), como chá verde encapsulado (SILVA, F., *et al.*, 2018), rico em compostos bioativos, podendo ser adicionado em diversos produtos de frutas, como sucos (Figura 1).

Figura 1 – Néctar de cajá (1), chá verde (2) e chá verde encapsulado (3)



Fonte: Reportagem UFC, Alencar (2018).

Deve-se levar em consideração que muitas das partículas podem, inclusive, melhorar características sensoriais do alimento. As nanopartículas também podem ser utilizadas na forma de nanossensores, a fim de avaliar a qualidade do alimento (KALITA; BARUAH, 2019).

Muitas das substâncias que são encapsuladas são fotossensíveis e/ou termosensíveis, sendo então protegidas pelo processo de encapsulação, tendo em vista que as mesmas são “aprisionadas” pela matriz utilizada no processo, o que ressalta a importância da utilização dessa tecnologia na elaboração de produtos de frutas. Deve-se destacar que a utilização das partículas muitas vezes não altera as características sensoriais do produto de forma negativa.

Quadro 1 – Encapsulação de substâncias provenientes de frutas tropicais ou elaboradas visando à adição em produtos de frutas

Substância encapsulada	Matriz	Referência
Ômega 3	Goma de cajueiro	Prado <i>et al.</i> (2014)
Extrato de chá verde	Goma de cajueiro e maltodextrina	Silva, F., <i>et al.</i> (2018)
Extrato de coproduto de frutas tropicais	Goma de cajueiro	Silva, F., <i>et al.</i> (2018)
Extrato de tamarindo (<i>Tamarindus indica</i>)	Prata	Jayaprakash <i>et al.</i> (2017)
Extrato de coprodutos de frutas tropicais	DL-lactide-coglycolide (PLGA)	Silva <i>et al.</i> (2014)
Extrato de carambola	Prata	Phongtongpasuk, Poadang e Yongvanich (2016)
Extrato de guabiroba	PLGA	Pereira <i>et al.</i> (2018)
Extrato de semente de cupuaçu	Maltodextrina	Costa <i>et al.</i> (2019)

Fonte: Elaborada pelos autores.

Além disso, a encapsulação desses compostos pode interferir na bioacessibilidade dos mesmos, protegendo as substâncias bioativas presentes nos vegetais dos efeitos associados à digestão gastrointestinal, funcionando como um sistema de liberação dessas substâncias no intestino (OLIVEIRA; AMARO; PINTADO, 2018).

De forma geral, é improvável que as nanopartículas utilizadas em alimentos apresentem efeitos adversos na saúde humana, mas McClements e Xiao (2017) alertam que há evidências de que algumas dessas nanopartículas podem ter efeitos prejudiciais, sendo ainda necessários mais estudos.

As nanopartículas também vêm sendo utilizadas visando auxiliar na higienização de frutas minimamente processadas, como cenoura (ARAÚJO *et al.*, 2015).

11.5 Tratamento por ultrassom

Outra tecnologia considerada não convencional, mas que apresenta viabilidade de aplicação no tratamento de produtos de frutas, é a técnica de ultrassom. Considerada uma tecnologia recente, apresenta como objetivo principal na área de produtos de frutas a destruição de microrganismos patogênicos.

O ultrassom de potência, usado em operações de processamento de alimentos, refere-se a ondas mecânicas com frequências na faixa além da audição humana (20-100 kHz), tendo como princípio de atuação a cavitação e sendo aplicado apenas em alimentos líquidos, como sucos de frutas (LEE; ZHOU; FENG, 2018) e extratos obtidos de coprodutos de frutas (AGUILAR-HERNANDEZ *et al.*, 2019; KUMARI *et al.*, 2018; MERCADO-MERCADO *et al.*, 2018).

Essa técnica apresenta como desvantagens possíveis alterações nos teores de ácido ascórbico do produto e na coloração, principalmente no que diz respeito a frutas que apresentem antocianinas em sua composição. Porém essas alterações podem ser consideradas mínimas, se utilizadas condições de tratamentos brandas (SWAMY; MUTHUKUMARAPPAN; ASOKAPANDIAN, 2018).

11.6 Irradiação de alimentos

A irradiação de alimentos é uma tecnologia que consiste em submeter os alimentos embalados ou a granel a uma quantidade minuciosamente controlada de radiação ionizante de acordo com o tempo e os objetivos previamente predeterminados. A aplicabilidade da irradiação promove o aumento do tempo de vida útil dos alimentos, além de torná-los mais seguro ao consumo humano (FDA, 2013).

A irradiação de alimentos compreende a utilização de uma fonte de energia oriunda de raios gama (emitidos pelos radionuclídeos ^{60}Co e ^{137}Cs); raios-X (máquinas operadas com energia máxima de 5 MeV) ou acelerador de elétrons (máquinas com energia máxima de 10 MeV). Este processo é um método efetivo e muito difundido mundialmente devido à vantagem que apresentam em relação aos métodos convencionais de processamento, tais como a desidratação (COSTA; SILVA; OLIVEIRA, 2013).

A irradiação de frutas é utilizada para substituir tratamentos com quarentenários mais comuns, como a fumigação por brometo de metila ou por óxido de etileno, e a submersão da fruta em água quente que, embora eficiente, requer que a colheita seja realizada antes do período

de maturação ideal, prejudicando o sabor e as características sensoriais do produto (PEROZZI, 2007).

O processo de irradiação, quando bem conduzido, não implica danos ao ambiente ou à saúde humana, sendo apoiado por instituições como a Organização Mundial de Saúde (OMS), Food and Agricultural Organization (FAO), U. S. Food and Drug Administration (FDA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) – sempre embaçados em trabalhos científicos que atestam a tecnologia como eficiente e segura.

No Brasil, a regulamentação em vigor é a estabelecida pela Anvisa, em 2001 (Resolução RDC nº 21, de 26/01/2001). Segundo esta norma, os alimentos podem ser tratados por radiação, desde que a dose mínima absorvida seja suficiente para alcançar a finalidade pretendida e a dose máxima seja inferior à que comprometeria as propriedades funcionais ou atributos sensoriais do alimento. O órgão exige que na rotulagem conste a inscrição “alimento tratado por processo de irradiação” no painel principal. No caso de condimentos ou temperos irradiados, esta informação deve ser apresentada na lista de ingredientes. Tal resolução estabelece ainda que as instalações devem ser autorizadas e inspecionadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN).

A irradiação retarda o amadurecimento de frutas, aumenta a vida útil, permitindo o transporte por longas distâncias, pode destruir insetos invasivos e parasitas (DIEHL; JOSEPHSON, 2014), reduz a carga microbiana (fungos, bactérias e leveduras), elimina microrganismos patogênicos (*Salmonella* spp e outros) e esteriliza alimentos (FANTE, 2015).

Ao longo dos anos, existe a proliferação de questionamentos dotados de controvérsia sobre os produtos irradiados para finalidade de consumo humano. A presença de radioatividade, as alterações na qualidade nutricional e sensoriais dos alimentos irradiados, a natureza das embalagens, a segurança microbiológica, os aspectos legais, a segurança do processo e do produto, os fatores relacionados aos equipamentos e o valor dos custos são alguns exemplos (CRISOSTO; JOHNSON; DEJONG, 2016). Elevadas doses de radiação nos alimentos promovem a quebra das moléculas longas (como celulose e hidratos de carbono curtos). Isto

implica, em algumas frutas e hortaliças, perda de textura característica, promovendo o amolecimento dos mesmos (DIEHL, 2017). Entretanto, deve-se ressaltar que as alterações abordadas só acontecem acima das dosimetrias que ultrapassam o valorial recomendado. Se os níveis de irradiação usados no processamento forem adequados, assegura-se que a ocorrência dessas deteriorações não alcançam níveis mais elevados do que noutros métodos de conservação de alimentos (FELLOWS, 2016). Outra limitação da irradiação reside no fato de as doses recomendadas para o processamento alimentar não eliminar todos os microrganismos e nem as suas toxinas; as baixas doses não destroem todos os esporos de bactérias. A irradiação não previne a proliferação, posteriormente, isto residindo no fato de os alimentos na grande maioria não serem armazenados corretamente para evitar a sua deterioração e a perda de valor nutritivo (DIEHL; JOSEPHSON, 2014). Uma dose demasiadamente elevada de radiação pode afetar qualidades sensoriais do alimento, enquanto uma dose muito baixa não permite a conservação deste. No tocante à utilização do procedimento de irradiação em frutas, é difícil prever os efeitos produzidos por dosimetria elevada de radiação, visto que depende do estado fisiológico dos frutos e da sua susceptibilidade aos microrganismos (GRANDISON, 2016).

Os alimentos que são irradiados atualmente e postos para vender estão dentro dos padrões especificados e o consumidor saberá quais foram submetidos a esse processo por meio do símbolo que vem na embalagem, conhecido como Radura (abaixo).



11.7 Alta pressão

O processamento por alta pressão é um método de conservação de alimentos que, quando comparado ao processo tradicional de pasteurização, oferece alguns benefícios adicionais ao produto: não alteram pequenas moléculas como pigmentos, vitaminas e os compostos voláteis; a cor, o aroma e os nutrientes da maioria dos alimentos não são afetados, permitindo obtenção de produtos com características mais próximas do produto in natura. Exerce também efeito antimicrobiano e sobre deteriorações enzimáticas indesejáveis, resultando em segurança e aumento de vida útil do produto (JAY, 2005).

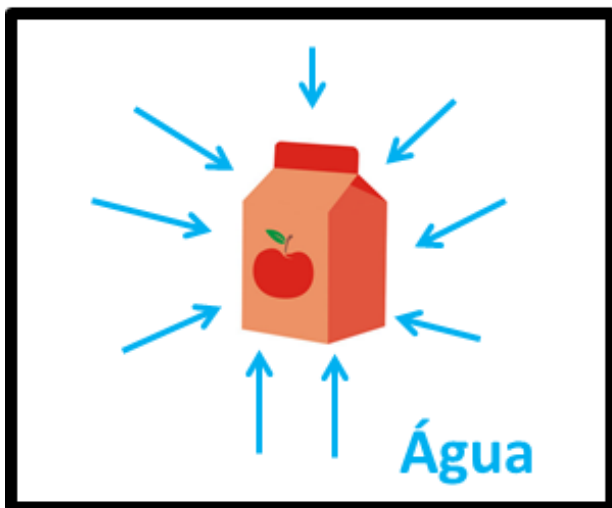
O processamento por alta pressão é capaz de inativar microrganismos e enzimas responsáveis por deterioração de alimentos, submetendo-se o produto a pressões da ordem de 100 a 1000 MPa. Sua aplicabilidade destaca-se na preservação de derivados de frutas, pois o efeito da combinação da alta pressão com o baixo pH permite a obtenção de produtos microbiologicamente seguros a pressões relativamente baixas (300 a 500 MPa), proporcionando mínima degradação de vitaminas e compostos responsáveis pelo sabor e aroma (CHEFTEL, 1995; TAUSCHER, 2005).

Existem dois métodos utilizados para o processamento de alimentos por alta pressão: o método de alta pressão hidrostática (isostática), no qual o produto é processado já dentro da embalagem final; e o método de homogeneização a ultra alta pressão ou alta pressão dinâmica, em que o produto é processado de forma contínua e depois embalado de forma asséptica.

11.7.1 Alta Pressão Hidrostática (APH)

A alta pressão hidrostática é uma excelente alternativa para o processamento de produtos de frutas como sucos, geleias e produtos minimamente processados (ROSENTHAL *et al.*, 2018). Nessa tecnologia, o alimento, líquido ou sólido, é submetido a uma pressão disseminada pela água, que resulta na destruição de células vegetativas de microrganismos (Figura 2).

Figura 2 – Representação de funcionamento da tecnologia de alta pressão hidrostática (APH) em produtos de frutas



Fonte: Elaborada pelos autores.

Os produtos a serem submetidos ao tratamento por APH podem ser embalados ou não. De acordo com Mertens e Deplace (1993), as vantagens do tratamento a alta pressão de alimentos já envasados estão na flexibilidade de aplicação em alimentos sólidos e líquidos, na redução do risco de contaminação pós-processamento e na disponibilidade de materiais resistentes à alta pressão. Segundo os mesmos autores, as principais desvantagens estão na complexidade das operações de carga, descarga e transporte do produto; baixa eficiência no volume de produto tratado por recipiente (50% a 70%); gasto significativo de tempo nas operações de carga, descarga e manuseio do equipamento.

Quando embalado, o alimento é acondicionado em embalagens flexíveis, inserido na câmara de pressão; a câmara é fechada e preenchida como o meio de transmissão da pressão, eliminando todo o ar. O processo de pressurização é iniciado e, ao final do ciclo, a câmara é despressurizada.

Durante o processamento por APH, ocorre variação no volume do alimento da ordem de 15%. Portanto, as propriedades físicas e mecânicas

da embalagem influenciam a efetividade do processamento. O material deve ser flexível o suficiente para suportar tal variação de volume, levando-se em consideração que, cessada a pressão, o volume é restabelecido. A boa capacidade de selagem também é um requisito importante. Diferentes materiais estão disponíveis para utilização neste tipo de processamento, tais como embalagens plásticas tipo stomacher, bolsas de polietileno e outras embalagens flexíveis (FARKAS; HOOVER, 2000; TEWARI; JAYAS; HOLLEY, 1999).

No caso de processamento de produtos líquidos, como os sucos de frutas, pode-se adotar um sistema semicontínuo (fora da embalagem) utilizando três vasos de pressão e um sistema de válvulas automáticas de modo que, na primeira câmara, a pressão do produto é aumentada até a pressão de processo, quando é liberado; na segunda câmara, o produto fica sob pressão e tempo especificados para o processo; na terceira câmara, o produto é descomprimido e encaminhado para o envase asséptico.

O princípio fundamental da técnica é sua habilidade em romper as ligações secundárias e terciárias das moléculas enquanto as ligações covalentes não são afetadas, proporcionando maior retenção das características sensoriais e nutricionais do produto.

Esse processo se baseia no princípio de Le Chatelier, segundo o qual qualquer fenômeno acompanhado por uma redução de volume é favorecido pelo aumento de pressão e vice-versa, e no princípio isostático, que indica que a pressão é transmitida de uma forma uniforme e quase instantânea através de uma amostra biológica (CHEFTEL, 1995).

Por ser um processo não térmico, apresenta inúmeras vantagens no que diz respeito à qualidade final do produto, pois mantém a qualidade sensorial e nutricional do mesmo, aumentando a vida de prateleira. Normalmente esta tecnologia é utilizada em conjunto com outra, como a refrigeração.

Menezes *et al.* (2008) avaliaram o efeito da APH na atividade de enzimas presentes em polpa de açaí, relatando que a utilização desta tecnologia resultou em inativação parcial de oxidases presentes na polpa.

Pontes (2008) avaliou o efeito da APH nas características de qualidade de polpa de manga, em que a autora relatou aumento de

33,9% da extratibilidade de β -caroteno em condições de 400MPa, 25 °C por 15 minutos, além de cor, consistência e sabor melhores que o produto comercial.

De acordo com Rodrigues, Rodrigues e Barboza (2014), os investimentos e custos operacionais associados à APH são os maiores responsáveis pela limitação de seu emprego, porém o desenvolvimento tecnológico e o incentivo e investimento por parte dos consumidores, que estão cada vez mais dispostos em adquirir produtos de maior qualidade, apontam para sua maior aplicação.

11.7.2 Homogeneização a Ultra Alta Pressão

Segundo Campos, Dosualdo e Cristiannini (2002), o tratamento de Homogeneização a Ultra Alta Pressão (HUAP) trata-se de um processo contínuo que bombeia o produto por meio de dois intensificadores de pressão, fazendo-o fluir através de uma válvula de homogeneização. É um processo em base contínua que utiliza fundamentalmente um homogeneizador de ultra alta pressão com o intuito de romper células.

O termo “alta pressão” descreve a tensão dada ao produto antes da etapa de homogeneização. O produto, então, passa através de um orifício concêntrico em que a velocidade torna-se extremamente alta (até mesmo acima da velocidade do som) e a pressão extremamente baixa, causando a evaporação do fluido e começando o fenômeno de cavitação (CAMPOS *et al.*, 2003). A pressão de trabalho é atingida entre o intensificador de pressão e a válvula primária de homogeneização (após a qual ocorre a maior despressurização), sendo o produto submetido a esta pressão por um período de tempo da ordem de alguns milissegundos (CAMPOS *et al.*, 2003).

Durante o processo de HUAP, alta energia explosiva move-se no meio líquido e causa ruptura das proteínas miofibrilares encontradas no tecido muscular. A destruição dos microrganismos ocorre pela ruptura da célula causada pelo aumento da pressão e tensão de cisalhamento. Esse processo é instantâneo e ocorre em milissegundos. As pressões utilizadas estão na faixa de 30 a 350 MPa (TORRENZAN, 2003).

Na prática, o tratamento por homogeneização a ultra alta pressão tem a capacidade de desintegrar células a pressões mais baixas do que o processo por alta pressão hidrostática, minimizando os danos causados nos alimentos pela pressão. A destruição dos microrganismos, segundo Popper e Knorr (1990), se dá pela repentina perda de pressão que ocorre na válvula de expansão, pela torção e por estresse causado pelo choque das ondas de cavitação.

11.8 Campo Elétrico Pulsado

O processamento do campo elétrico pulsado (CEP) é uma técnica de preservação branda que tem sido investigada nas últimas décadas como uma alternativa para o processamento térmico sem comprometer as propriedades sensoriais e nutricionais dos alimentos (HARTYÁNI *et al.*, 2011; VERVOORT *et al.*, 2011).

O processamento do CEP envolve a aplicação intermitente de campos elétricos de alta voltagem (1-40 kV/cm) e curta duração (20 a 1000 μ s) no alimento que é colocado entre ou passado por dois eletrodos (BARBOSA-CÁNOVAS; FERNÁNDEZ-MOLINA; SWANSON, 2001). Esse tratamento produz o fenômeno denominado eletroporação, que consiste na perfuração das membranas biológicas através da formação de poros hidrofílicos e também da abertura forçada dos canais de proteínas, causando a perda da funcionalidade estrutural (PUÉRTOLAS *et al.*, 2012; TEISSIE; GOLZIO; ROLS, 2005).

O CEP foi usado pela primeira vez para aumentar a permeabilidade dos frutos para facilitar a extração subsequente de suco, o que é atualmente uma aplicação importante dessa tecnologia (EVRENDILEK; AVSAR; EVRENDILEK, 2016; JAEGER *et al.*, 2012; LOGINOVA; LEBOVKA; VOROBIEV, 2011). Pesquisas recentes mostram que a tecnologia do CEP é muito eficaz para a inativação de microrganismos patogênicos e deteriorantes, aumentando a eficiência de prensagem, melhorando a atividade de compostos bioativos, extração de sucos de frutas, estabilização de alimentos e intensificação da desidratação ou secagem de alimentos (BOUSSETTA *et al.*, 2012; BOUSSETTA *et al.*,

2013; EVRENDILEK; AVSAR; EVRENDILEK, 2016; LÓPEZ-GIRAL *et al.*, 2015; LUENGO *et al.*, 2015; MILANI; ALKHAFAJI; SILVA, 2015; PUERTOLAS *et al.*, 2013; SAGARZAZU *et al.*, 2010; SALDANA *et al.*, 2009; TURK; VOROBIEV; BARON, 2012).

11.8.1 Aspectos técnicos do CEP

Os parâmetros de processamento mais importantes que determinam a eficácia dos tratamentos com CEP são o campo elétrico (kV / cm), o tempo de tratamento (número de pulsos multiplicados pela duração) (μ s), a energia específica (kJ / kg) e a frequência (número de pulsos por segundo) (Hz) (BARSOTTI; MERLE; CHEFTEL, 1999).

Os valores máximos que esses parâmetros podem atingir dependem da configuração e das características do sistema CEP usado. Todo equipamento possui um design básico semelhante: um gerador de CEP, uma câmara de tratamento e um sistema de controle e coleta de dados do processo (MIN; EVRENDILEK; ZHANG, 2007) (Figura 1).

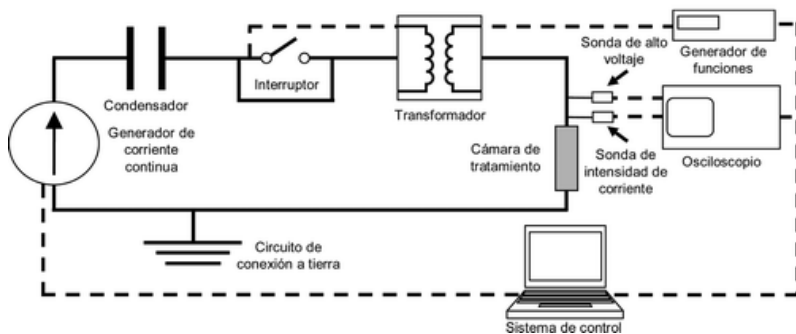
O gerador de CEP é essencialmente composto de um gerador de corrente direta, um capacitor ou capacitores, um comutador e um transformador de tensão de pulso (Figura 1). O gerador de corrente elétrica transforma a corrente alternada da rede elétrica em corrente contínua. O condensador, ou conjunto de condensadores, armazena a referida energia elétrica cuja descarga na câmara de tratamento é regulada por meio do interruptor. Em algumas ocasiões, o capacitor não é capaz de armazenar toda a energia elétrica necessária. Nesses casos, um transformador de pulso localizado atrás do interruptor aumenta o sinal de pulsação para a tensão selecionada.

O comutador define a forma dos pulsos elétricos gerados. Nos tratamentos com CEP basicamente são usados dois tipos de pulsos: os de decaimento exponencial e os de onda quadrada (DE HAAN, 2007). Os pulsos de decaimento exponencial são baseados na descarga completa e não regulamentada dos capacitores, o que causa um rápido aumento de tensão e sua subsequente diminuição exponencial ao longo do tempo. Por sua vez, os pulsos de onda quadrada são caracterizados pelo fato de

que, após o rápido aumento da tensão, eles permanecem constantes por um certo período de tempo e, finalmente, caem. Portanto, essa classe de pulsos permite controlar muito melhor a duração, a intensidade do campo elétrico e a energia dos tratamentos (DE HAAN; WILLCOCK, 2002).

A câmara de tratamento é o local onde o produto é colocado para processamento (Figura 1). Essencialmente, ele consiste em dois eletrodos, um conectado ao gerador de CEP e o outro ao terra, separados por um material isolante (HUANG; WANG, 2009).

Figura 1 – Configurações esquemáticas das câmaras de tratamento contínuo de CEP mais utilizadas: eletrodos paralelos (A), coaxial (B) e colinear (C). As setas indicam a entrada e saída do produto. Cinza escuro: eletrodos. Cinza claro: produto. Áreas chocadas: material isolante



Fonte: Elaborada pelos autores.

O tratamento com CEP altera a estrutura da membrana celular por eletroporação e quebra da membrana (permeabilização). Isso afeta a função biológica da membrana porque é responsável pela transferência de moléculas biológicas, agindo como uma barreira semipermeável. Também envolve a via de síntese de RNA, DNA, proteínas e outros componentes celulares. Em alguns estudos, a ruptura de componentes intracelulares também foi observada nas células tratadas com CEP (KATSUKI *et al.*, 2007; WHITE *et al.*, 2004). O processo de eletroporação envolve três etapas consecutivas: a) aumento do potencial transmembranar (TMP), b) formação de poros, c) evolução do número e tamanho dos poros. Finalmente, a integridade da membrana se recupera quando

o tratamento com PFE é interrompido. Essa recuperação depende do efeito do campo elétrico; se o campo elétrico interrompe profundamente a membrana, o processo é chamado de irreversível e a eletroporação leva à morte da célula (YOGESH, 2016).

O processamento por CEP é uma alternativa de conservação capaz de destruir microrganismos deteriorantes e patogênicos sem afetar significativamente as propriedades sensoriais e nutricionais de vários alimentos (ELEZ-MARTÍNEZ; AGUILÓ-AGUAYO; MARTÍN-BELLOSO, 2006).

REFERÊNCIAS

AGUILAR-HERNÁNDEZ, G. *et al.* Optimization of ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from *Annona muricata* By-Products and Pulp. *Molecules*, v. 24, n. 5, p. 904, 2019.

ALENCAR, K. *Os benefícios do chá verde encapsulado*. 2018. Disponível em: <https://agencia.ufc.br/os-beneficios-do-cha-verde-encapsulado/>. Acesso em: 13 jan. 2023.

ARAÚJO, E. A. *et al.* Sanitização de cenoura minimamente processada com nanopartículas de prata. *Ciência Rural*, v. 45, n. 9, p. 1681-1687, 2015.

BARBOSA-CÁNOVAS, G. V.; FERNÁNDEZ-MOLINA, J. J.; SWANSON, B. G. Pulsed electric fields: a novel technology for food preservation. *Agro Food Industry Hi-Tech*, v. 12, p. 9-14, 2001.

BARSOTTI, L.; MERLE, P.; CHEFTEL, J. C. Food processing by pulsed electric fields. II. Biological aspects. *Food Review International*, v. 15, n. 2, p. 181-213, 1999.

BOUSSETTA, N. *et al.* Valorization of oilseed residues: extraction of polyphenols from flaxseed hulls by pulsed electric fields. *Ind. Crops Prod.*, v. 52, p. 347-353, 2012.

BOUSSETTA, N. *et al.* Application of electrical treatments in alcoholic solvent for polyphenols extraction from grape seeds. *LWT Food Sci. Technol.*, v. 46, p. 127-134, 2013.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 21, de 26 de janeiro de 2001. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. *Diário oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2001.

CAMPOS, F. P.; DOSUALDO, G. L.; CRISTIANINI, M. The use of high-pressure technology in food processing. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 6, n. 2, p. 351-357, 2002.

CAMPOS, F. P. *et al.* Utilização de tecnologia de alta pressão no processamento de alimentos. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 6, n. 2, p. 351-357, 2003.

CASSANO, A.; CONIDI, C.; DRIOLI, E. Membrane-based operations and integrated membrane systems in fruit juice processing. *Membrane Engineering*, v. 17, p. 255, 2018.

CHEFTEL, J. C. Review: high-pressure, microbial inactivation and food preservation. *Food Science and Technology International*, California, v. 1, n. 2-3, p. 75-90, 1995.

COSTA, L. F.; SILVA, E. B.; OLIVEIRA, I. S. Irradiação gama em amendoim para controle de *Aspergillus flavus*. *Scientia Plena*, v. 9, p. 1-12, 2013.

COSTA, R. S. *et al.* Optimization of spray drying conditions to microencapsulate cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) seed by-product extract. *Natural product research*, v. 33, n. 18, p. 2600-2608, 2019.

CRISOSTO, C. H.; JOHNSON, R. S.; DEJONG, T. Orchard factors affecting post-harvest stone fruit quality. *HortScience*, v. 32, n. 5, p. 820-823, 2016.

DE HAAN, S. W. H. Circuitry and pulse shapes in pulsed electric field treatment of food. In: LELIEVELD, H. L. M.; NOTERMANS, S.; DE HAAN, S. W. H. (ed.). *Food preservation by pulsed electric fields*. Cambridge: Woodhead, 2007. p. 43-69.

- DE HAAN, S. W. H.; WILLCOCK, P. R. Comparison of the energy performance of pulse generation circuits for PEF. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, v. 3, n. 4, p. 349-356, 2002.
- DIEHL, J. F. Food irradiation: past, present and future. *Radiation Physics and Chemistry*, v. 63, p. 211-215, 2017.
- DIEHL, J. F.; JOSEPHSON, E. S. Assessment of wholesomeness of irradiated foods: a review. *Acta Alimentaria*, v. 23, p. 195-214, 2014.
- DORNIER, M.; BELLEVILLE, M. P.; VAILLANT, F. Membrane technologies for fruit juice processing. In: ROSENTHAL, A. et al. (ed.). *Fruit preservation*. Springer: New York, 2018. (Food Engineering Series).
- ELEZ-MARTÍNEZ, P.; AGUILÓ-AGUAYO, I.; MARTÍN-BELLOSO, O. Inactivation of orange juice peroxidase by high-intensity pulsed electric fields as influenced by process parameters. *Journal Sci. Food Agric.*, v. 86, p. 71-81, 2006.
- EVRENDILEK, G. A.; AVSAR, Y. K.; EVRENDILEK, F. Modelando variabilidade estocástica e incerteza em compostos ativos de aroma de néctar de pêsego tratado com PEF em função de propriedades físicas e sensoriais e tempo de tratamento. *Química Alimentar*, v. 190, p. 634-642, 2016.
- FANTE, C. A. et al. Atividade antioxidante durante o armazenamento de maçãs submetidas a irradiação. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 39, n. 3, p. 269-275, 2015.
- FDA. ADMINISTRAÇÃO DE DROGAS E ALIMENTOS. What you need to know. *Food Facts from de U. S. Food and Drug Administration*, 2013. Disponível: <http://www.fda.gov/default.htm>. Acesso em: 13 abr. 2021.
- FARKAS, D. F.; HOOVER, D. G. High pressure processing. *Journal of Food Science*, v. 65, n. 4, p. 47-64, 2000.
- FELLOWS, P. J. *Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

- FONTELES, T. V.; RODRIGUES, S. Prebiotic in fruit juice: processing challenges, advances, and perspectives. *Current Opinion in Food Science*, v. 1, n. 22, p. 55-61, 2018.
- GAVA, A. J. Embalagens para alimento. In: GAVA, A. J. (ed.). *Princípios de tecnologia de alimentos*. São Paulo: Nobel, 1998. p. 105-128.
- GRANDISON, A. S. Irradiation. In: BRENNAN, J. G. (ed.). *Food processing handbook*. Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2016. p. 147-171.
- HARTYÁNI, P. *et al.* Physical-chemical and sensory properties of pulsed electric field and high hydrostatic pressure treated citrus juices. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, v. 12, n. 3, p. 255-260, July 2011.
- HUANG, K.; WANG, J. Designs of pulsed electric fields treatment chambers for liquid foods pasteurization process: a review. *Journal of Food Engineering*, v. 95, n. 2, p. 227-239, 2009.
- JAEGER, H. *et al.* Adjustment of milling, mash electroporation and pressing for the development of a PEF assisted juice production in industrial scale. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, v. 14, p. 46-60, Apr. 2012.
- JAY. J. M. *Microbiologia de alimentos*. Porto Alegre: Artmed, 2005.
- JAYAPRAKASH, N. *et al.* Green synthesis of ag nanoparticles using tamarind fruit extract for the antibacterial studies. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, v. 169, p. 178-185, 2017.
- KALITA, D.; BARUAH, S. The impact of nanotechnology on food. *Nanomaterials Applications for Environmental Matrices*, v. 1, p. 369-379, 2019.
- KATSUKI, S. *et al.* Biological effects of narrow band pulsed electric fields. *IEEE Trans Dielectr Electr Insul.*, v. 14, p. 663-668, 2007.
- KUMARI, B. *et al.* Recent advances on application of ultrasound and pulsed electric field technologies in the extraction of bioactives from agro-industrial by-products. *Food and Bioprocess Technology*, v. 1, n. 11(2), p. 223-41, 2018.
- LEE, H.; ZHOU, B.; FENG, H. Power ultrasound treatment of fruits and fruit products. In: ROSENTHAL, A. *et al.* *Fruit preservation*. Springer: New York, 2018. p. 311-333. (Food Engineering Series).

LOGINOVA, K. V.; LEOVKA, N. I.; VOROBIEV, E. Pulsed electric field assisted aqueous extraction of colorants from red beet. *Journal of Food Engineering*, v. 106, p. 127-133, 2011.

LÓPEZ-GIRAL, N. *et al.* Pulsed electric field treatment to improve the phenolic compound extraction from Graciano, Tempranillo and Grenache grape varieties during two vintages. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, v. 28, p. 31-39, 2015.

LUENGO, E. *et al.* Influence of the treatment medium temperature on lutein extraction assisted by pulsed electric fields from *Chlorella vulgaris*. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, v. 29, p. 15-22, May 2015.

MCCLEMENTS, D. J.; XIAO, H. Is nano safe in foods? Establishing the factors impacting the gastrointestinal fate and toxicity of organic and inorganic food-grade nanoparticles. *NPJ Science of Food*, v. 1, n. 1, p. 6, 2017.

MENEZES, S. E. M. *et al.* Efeito da alta pressão hidrostática na atividade de enzimas da polpa de açaí. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 28, n. 1, p. 14-19, 2008.

MERCADO-MERCADO, G. *et al.* Ultrasound-assisted extraction of carotenoids from mango (*Mangifera indica* L.'Ataulfo') by-products on in vitro bioaccessibility. *Food Bioscience*, v. 1, n. 21, p. 125-131, 2018.

MERTENS, B.; DEPLACE, G. Engineering aspects of high-pressure technology in the food industry. *Food Technology*, v. 47, n. 6, p. 164-169, 1993.

MILANI, E. A.; ALKHAFIJI, S.; SILVA, F. V. M. Pulsed electric field continuous pasteurization of different types of beers. *Food Control*, v. 50, p. 223-229, 2015.

MIN, S. K.; EVRENDILEK, G. A.; ZHANG, H. Campos elétricos pulsados: sistema de processamento, inibição microbiana e enzimática e extensão da vida útil de alimentos. *IEEE Transactions on Plasma Science*, v. 35, p. 59-73, 2007.

OLIVEIRA, A.; AMARO, A. L.; PINTADO, M. Impact of food matrix components on nutritional and functional properties of fruit-based products. *Current Opinion in Food Science*, v. 1, n. 22, p. 153-159, 2018.

PEREIRA, M. C. *et al.* Effect of nanoencapsulation using PLGA on antioxidant and antimicrobial activities of guabiroba fruit phenolic extract. *Food Chemistry*, v. 240, p. 396-404, 2018.

PEROZZI, M. Irradiação: tecnologia boa para aumentar exportações de frutas. *Inovação Uniemp*, Campinas, v. 3, n. 5, p. 42-44, Sept./Oct. 2007. Disponível em: http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1808-23942007000500026&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 13 jul. 2019.

PHONGTONGPASUK, S.; POADANG, S.; YONGVANICH, N. Environmental-friendly method for synthesis of silver nanoparticles from dragon fruit peel extract and their antibacterial activities. *Energy Procedia*, v. 89, p. 239-247, 2016.

PONTES, M. *Polpa de manga processada por alta pressão hidrostática: aspectos microbiológicos, nutricionais, sensoriais e a percepção do consumidor*. 2008. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, Rio de Janeiro, 2008.

POPPER, L.; KNORR, D. Application of high-pressure homogenization for food preservation food technology: high-pressure homogenization can be used alone or combined with lytic enzyme or chitosan to reduce the microbial population and heat treatment damage in foods. *Food Technol.*, Chicago, v. 43, n. 7, p. 86-90, 1990.

PRADO, G. M. *et al.* Rheological behavior of mixed cashew drinks and guava-boi added omega-3. *Magistra*, v. 26, p. 994-999, 2014.

PUÉRTOLAS, E. *et al.* Improving mass transfer to soften tissues by pulsed electric fields: fundamentals and applications. *Annu Rev Food Sci Technol.*, v. 3, p. 263-82, 2012.

- PUERTOLAS, E. *et al.* Pulsed-electric-field-assisted extraction of anthocyanins from purple-fleshed potato. *Food Chemistry*, v. 136, n. 3-4, p. 1330-1336, Feb. 2013.
- RIENER, J. *et al.* Combined effect of temperature and pulsed electric fields on soya milk lipoxygenase inactivation. *European Food Research and Technology*, v. 227, n. 5, p. 1461-1465, Sept. 2008.
- RODRIGUES, F. M.; RODRIGUES, L. G.; BARBOZA, C. R. Alta pressão hidrostática na conservação de alimentos: um enfoque para o processamento de sucos. *Journal of Bioenergy and Food Science*, v. 1, n. 2, p. 35-46, 2014.
- ROSENTHAL, A. *et al.* High pressure processing of fruit products. In: ROSENTHAL, A. *et al.* (ed.). *Fruit preservation*. Springer: New York, 2018. p. 351-398. (Food Engineering Series).
- SAGARZAZU, N. *et al.* Resistance of *Campylobacter jejuni* to heat and to pulsed electric fields. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, v. 11, p. 283-289, 2010.
- SALDANA, G. *et al.* Comparing the PEF resistance and occurrence of sublethal injury on different strains of *Escherichia coli*, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* in media of pH 4 and 7. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, v. 10, n. 2, p. 160-165, 2009.
- SILVA, F. M. R. *et al.* Cashew gum and maltodextrin particles for green tea (*Camellia sinensis* var *Assamica*) extract encapsulation. *Food Chemistry*, v. 261, p. 169-175, 2018a.
- SILVA, L. M. *et al.* Quercetin in tropical fruit pulps and their by-products: quantification and encapsulation using cashew gum. *Current Bioactive Compounds*, v. 14, n. 4, p. 373-380, 2018b.
- SILVA, L. M. *et al.* Delivery of phytochemicals of tropical fruit by-products using poly (DL-lactide-co-glycolide) (PLGA) nanoparticles: synthesis, characterization, and antimicrobial activity. *Food Chemistry*, v. 165, p. 362-370, 2014.
- SWAMY, G. J.; MUTHUKUMARAPPAN, K.; ASOKAPANDIAN, S. Ultrasound for fruit juice preservation. In: *Fruit Juices*. Academic Press, 2018. p. 451-462.

TAUSCHER, B. Highlights of the 3rd International Conference on high pressure Bioscience and Biotechnology. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 38, n. 1147-1155, 2005.

TEREFE, N. S.; BUCKOW, R.; VERSTEEG, C. Quality-related enzymes in plant-based products: effects of novel food processing technologies part 2: pulsed electric field processing. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, v. 55, n. 1, p. 1-15, 2015.

TEISSIE, J.; GOLZIO, M.; ROLS, M. P. Mechanisms of cell membrane electropermeabilization: a minireview of our present (lack of?) knowledge. *Biochim Biophys Acta*, v. 1724, n. 3, p. 270-80, Aug. 2005.

TEWARI, G.; JAYAS, D. S.; HOLLEY, R. A. High pressure processing of foods: an overview. *Science des Aliments*, v. 19, p. 619-661, 1999.

TIMMERMANS, R. A. H. *et al.* Pulsed electric field processing of different fruit juices: impact of pH and temperature on inactivation of spoilage and pathogenic micro-organisms. *International Journal of Food Microbiology*, v. 173, p. 105-111, Mar. 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2013.12.022>. Acesso em: 3 fev. 2019.

TORREZAN, R. Uso da tecnologia de alta pressão para a inativação de microrganismos em produtos cárneos. *Boletim do CEPPA*, v. 21, n. 2, p. 249-266, jan./jun. 2003.

TURK, M. F.; VOROBIEV, E.; BARON, A. Improving apple juice expression and quality by pulsed electric field on an industrial scale. *LWT Food Sci Technol.*, v. 49, p. 245-250, 2012.

VERVOORT, L. *et al.* Comparing equivalent thermal, high pressure and pulsed electric field processes for mild pasteurization of orange juice. Part II: impact on specific chemical and biochemical quality parameters. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.*, v. 2, p. 466-477, 2011.

WHITE, J. A. *et al.* Stimulation of capacitative calcium entry in HL-60 cells by nanosecond pulsed electric fields. *J. Biol. Chem.*, v. 279, p. 22964-22972, 2004.

YOGESH, K. Pulsed electric field processing of egg products: a review. *J. Food Sci. Technol*, v. 53, n. 2, p. 934-945, Feb. 2016.

12. EMBALAGEM PARA PRODUTOS DERIVADOS DE FRUTAS

12.1 Introdução

As definições de embalagens para alimentos são numerosas e todas elas têm como ponto comum a necessidade de proteger os produtos alimentícios durante o manuseio e a estocagem, preservando-os para posterior consumo durante a entressafra, além de protegê-los contra danos mecânicos e perda de qualidade.

Em geral, as embalagens para produtos alimentícios podem ser classificadas em três categorias (PIERGIOVANNI, 1998; MAIA; ALBUQUERQUE, 2001):

Embalagens primárias: são aquelas que entram em contato com o alimento, tais como latas, sacos plásticos e garrafas.

Embalagens secundárias: são aquelas que protegem as embalagens primárias, tais como caixas de papelão, filmes plásticos e rótulos.

Embalagens de transporte: empregadas para acondicionar e proteger as embalagens primárias e secundárias durante o transporte, estocagem e distribuição dos produtos. Como exemplos têm-se as caixas de papelão e “containers”.

A escolha da embalagem e do método de embalagem deve levar em consideração o tipo de produto a ser transportado e o tipo de dano que pode eventualmente ocorrer.

12.2 Funções da embalagem

A importância das embalagens já está reconhecida entre a maioria dos produtores e consumidores. Elas atendem o interesse do consumidor, cumprindo suas metas técnicas, e do produtor, como veículo

de comunicação, de distribuição e de difusão do produto, dentro dos planos operacionais mercadológicos relacionados com os lucros, as perdas e as vendas da organização.

A principal finalidade da embalagem é proteger os alimentos contra qualquer tipo de deterioração, seja de natureza química, física ou biológica, desde o seu acondicionamento até o consumo final, assegurando a manutenção de suas próprias características, por um longo período de tempo, após o seu processamento.

A embalagem também qualifica o produto por meio de elementos visuais das mais variadas formas, como letras, números e gravuras.

A embalagem deverá ser compatível com o alimento, evitando-se, desta forma, a transmissão de odores e sabores estranhos, tanto por parte de filmes plásticos como de revestimentos internos de latas e outros recipientes.

A embalagem designada para produtos alimentícios terá que possuir alguns requisitos imprescindíveis para exercer suas funções que, de modo geral, são os seguintes (POTTER, 1968; JELEN, 1985):

Ser isenta de toxidade;

Não causar incompatibilidade com o produto;

Dar proteção sanitária;

Dar proteção contra a passagem de umidade, gases e luz;

Ter resistência ao impacto, apresentar boa aparência e dar boa impressão;

Ser adequada à forma, tamanho e peso do produto;

Contribuir o menos possível para agravamento do problema de poluição ambiental;

Possuir finalidades funcionais: fácil transporte e armazenamento do produto; fácil de abrir, fechar e descartar; permitir o uso de porções adequadas;

Ser de baixo custo, sempre que possível.

12.3 Tipos de embalagem

As embalagens são confeccionadas com materiais diversos, podendo ser naturais ou sintéticos, sendo utilizadas de acordo com

as características do produto a ser embalado (SMITH; ZAGORY; RAMASWAMY, 2005).

Os vários tipos de embalagens podem ser assim agrupados, segundo a sua consistência e matéria-prima como:

Recipientes metálicos rígidos;

Recipientes metálicos flexíveis;

Vidro;

Plásticos rígidos e semirrígidos;

Plásticos flexíveis;

Papéis flexíveis;

Laminados multifoliados;

Caixas de papelão, embalagens de madeira e barricas.

12.3.1. Embalagens Metálicas (Latas)

As latas são embalagens rígidas, constituídas tradicionalmente de uma folha de flandres, podendo ter uma camada de verniz para dar maior proteção ao conteúdo. Outros materiais utilizados são a folha cromada, a folha não revestida e o alumínio.

A folha de flandres é um laminado de aço revestido nas duas faces com estanho comercialmente puro. O aço usado para a folha de flandres é de baixo teor de carbono, cuja composição geralmente está compreendida na faixa de 0,06% a 0,15%, teores que dão ao aço boas propriedades de ductilidade, isto é, capacidade de deformar em estampagem sem sofrer rompimentos (SARON; GATTI, 1999; MAIA; ALBUQUERQUE, 2001).

O aço utilizado nas folha de flandres, de acordo com a sua composição química, é classificado em quatro tipos principais: L, MS, MR e MC. O aço tipo L é um aço de baixo teor de fósforo e metais residuais, sendo indicado para produtos altamente corrosivos. O aço tipo MS é similar ao tipo L, porém com um maior teor de cobre, sendo recomendado para produtos ácidos. O tipo MR tem um teor de fósforo maior que o tipo L, sendo empregado para produtos medianamente ácidos como sucos cítricos, abacaxi etc. O

aço tipo MC é o aço refosforizado, para dar maior rigidez às latas (MAIA; ALBUQUERQUE, 2001).

Segundo Dantas (1999), os principais requisitos de uma embalagem destinada a conter alimentos e bebidas são a hermeticidade, a compatibilidade com o produto e a resistência mecânica, características estas que se destacam nas embalagens metálicas, acrescidas da alta resistência térmica, que assume importância fundamental quando se trata do acondicionamento de produtos processados termicamente. A hermeticidade da lata assegura a não interação do produto com o meio externo, evitando a penetração de microrganismos, gases e umidade e permitindo a manutenção da esterilidade comercial do conteúdo após o processamento.

Normalmente a lata recebe um verniz (revestimento orgânico, composto de uma ou mais resinas perfeitamente dispersas em um ou mais solventes, com propriedades físicas e químicas bem definidas), com a finalidade de preservar a aparência do alimento, melhorar a aparência interna e externa da embalagem, aumentar o tempo de prateleira do produto e diminuir o custo da embalagem (GAVA, 1998). Antes de serem aplicados nas latas dos alimentos, os revestimentos terão que possuir alguns requisitos imprescindíveis para exercerem suas funções que, de modo geral, são os seguintes (ELLIS, 1979; SMITH; ZAGORY; RAMASWAMY, 2005):

- Ser isento de toxidade;
- Não afetar o sabor e a cor dos alimentos;
- Promover uma boa barreira entre o alimento e a embalagem;
- Ser de fácil aplicação nas latas;
- Não descascar durante a esterilização ou armazenamento do produto enlatado;
- Ter resistência mecânica durante o processamento e envase do produto;
- Ser econômico.

Os revestimentos internos são classificados em óleos resinosos e sintéticos, sendo o primeiro obtido a partir de gomas naturais (resinas) ou óleos secativos, e os sintéticos são produzidos a partir de síntese sob condições controladas (GAVA, 1998). Podemos citar como exemplos de revestimentos óleos resinosos, os esmaltes sanitários; e para os sinté-

ticos, os revestimentos fenólico, vinílico, epóxi, polibutadieno e resinas acrílicas (GAVA, 1998; SMITH; ZAGORY; RAMASWAMY, 2005).

Para produtos de frutas, os revestimentos epóxi-fenólicos são bastante utilizados, apresentando excelente resistência mecânica, boa flexibilidade e adesão, resistência ao escoamento e processamento, sendo tolerantes a vários tipos de superfície de folhas (ANJOS, 1989; DANTAS, 1999). Suas propriedades dependem da natureza e do comprimento da macromolécula do epóxi, da natureza da resina fenólica (estrutura) e da quantidade relativa de cada uma das resinas (MARSAL, 1991; DANTAS, 1999).

As latas de alumínio devem possuir também uma camada protetora para prevenir o ataque pelos alimentos. Mesmo pequenas imperfeições na camada protetora podem resultar em microfuros, corrosão e perfuração das latas, em poucos dias.

Tipos de lata

Os tipos de lata utilizados no acondicionamento de produtos alimentícios podem ser de três peças com agrafagem; latas de duas peças obtidas por estampagem; e latas de duas peças obtidas por estampagem e estiramento.

Latas de três peças

A embalagem metálica de três peças é constituída de corpo, tampa e fundo, em que uma das extremidades (fundo) é recravada ao corpo, pelo fabricante da embalagem, e a outra extremidade (tampa) enviada em separado para a indústria alimentícia para recravação após o enchimento da lata (EVANGELISTA, 1994; DANTAS, 1999).

As latas de três peças podem ser fabricadas com diferentes tipos de costura lateral, que podem ser reunidas em três grupos principais: soldagem convencional; costura agrafada; e soldagem elétrica, sendo que existem pequenas variações de processo em função do tipo adotado. Nos dois primeiros, há formação mecânica de ganchos nas duas extremidades, os quais são entrelaçados e comprimidos para o fechamento hermético formando a estrutura denominada de agrafagem, enquanto na soldagem elétrica as extremidades são apenas sobrepostas (DANTAS, 1999).

A recravação consiste no fechamento da embalagem metálica. É definida com a operação mecânica de união do corpo da lata à tampa ou fundo, que é formado por duas espessuras do corpo e três espessuras da tampa ou fundo. É realizada em duas operações, denominadas de primeira e segunda operação de recravação, sendo a recravação uma operação de extrema importância nas indústrias de embalagens metálicas e de produtos alimentícios, uma vez que é a principal responsável pela hermeticidade da embalagem (DANTAS, 1999).

Latas de duas peças

As latas de duas peças são formadas apenas pelo corpo e tampa. Podem ser fabricadas por três tipos de processos: estampagem ou embutimento; estampagem e estiramento; e extrusão por impacto. Comparativamente à lata de três peças, apresentam a vantagem de eliminar a costura lateral e uma recravação (DANTAS, 1999).

As latas de alumínio de duas peças oferecem vantagens sobre as latas de aço de três peças de mesma capacidade, ou seja, as possibilidades de ocorrência de vazamentos são altamente reduzidas como resultado da eliminação de uma das recravações e da costura lateral. O perfil do fundo das latas pode ser de maneira tal que assegure maior estabilidade do produto, quando se faz necessário o empilhamento das latas (SARON; GATTI, 1999).

Para o acondicionamento de bebidas não carbonatadas em latas de alumínio, é necessária a introdução de pressão interna na embalagem, utilizando injeção de nitrogênio líquido quando do acondicionamento do produto, uma vez que as paredes laterais são bastante finas e não fornecem a devida resistência mecânica para a embalagem (SARON; GATTI, 1999).

12.3.2 Embalagens de Vidro

O vidro pode ser definido como uma solução neutra obtida pelo aquecimento e fusão de silicatos, seguida de resfriamento para evitar a cristalização. Parte dos silicatos pode ser substituída por boratos ou

fosfatos. O vidro para produtos alimentícios consiste, em geral, de silicatos de sódio e cálcio, com pequenas quantidades de óxido de alumínio, borato e silicato de bário. Incluindo-se óxido de magnésio, aumenta-se a dureza do vidro.

As matérias-primas envolvidas na produção do vidro não são incolores, porém, após a fundição, forma-se uma massa transparente. Os vidros coloridos são obtidos com adição de compostos químicos.

Para a fabricação do vidro transparente a matéria-prima deve ser pura, isto é, a quantidade de óxido de ferro não deve ser superior a 0,04%. Quando a porcentagem é superior, tem-se que adicionar descolorantes. Estes descolorantes contêm selênio e só atuam quando a concentração de óxido de ferro é inferior a 0,08%. Porém, quando há a presença de certos elementos corantes, tem-se a produção de vidros coloridos; como exemplo pode-se citar o verde pálido, que é obtido quando a concentração de óxido de ferro é superior a 0,15%, mas, em caso de adição de agentes oxidantes, obtém-se cor amarela; o verde-escuro é obtido quando a porcentagem de óxido de ferro é superior a 2%; o âmbar é obtido quando o vidro é fundido num meio moderado de óxido de flúor sob fortes condições de redução; usualmente são adicionados carbono e enxofre.

O vidro, além de certa proteção mecânica que confere ao seu conteúdo, possui inércia química e física (não se deteriora), o que o torna um material adequado para acondicionar bebidas, conservas etc. A embalagem de vidro será sempre importante no contexto de proteção porque é barreira a gases, vapor d'água, aromas e vapores orgânicos e permite maior vida de prateleira dos produtos acondicionados. Portanto, as versões mais sofisticadas de produtos deverão permanecer com o vidro.

As embalagens de vidro podem seguir padronizações existentes ou desenhos especiais. Quanto às características químicas, os produtos embalados poderão ser neutros, ácidos, alcalinos, higroscópicos, com ou sem gases provenientes de fermentação ou naturais. Algumas embalagens de vidro recebem denominações específicas de acordo com suas características formais. As mais usadas para frutas e seus derivados são as garrafas, potes e copos.

As garrafas de vidro são geralmente usadas no acondicionamento de sucos de fruta. Os potes são recipientes de qualquer formato, com uma boca suficientemente larga para facilitar a retirada do conteúdo em porções, pedaços ou unidades como nas conservas, sucos concentrados, geleias etc. Os copos, recipientes em forma de tronco de cone, em geral de menor capacidade que os potes, são destinados comumente a acondicionar alimentos, tais como geleias, compotas, entre outros.

Para o fechamento de recipientes de vidro são utilizadas tampas feitas geralmente de metal ou plásticas. As geleias de frutas tropicais são comumente embaladas em copos de vidro com tampas de metal que se prendem à saliência existente na boca dos copos. É aplicado um vedante a essa tampa, justamente na superfície onde há o contato da tampa com o vidro. Os principais tipos de tampas utilizadas são: tampas de rosca, tampas com garras, tampas “pry off”, tampas tipo “crown”, tampas “roll on” e tampas de pressão.

Os recipientes de vidro apresentam as seguintes vantagens (FELLOWS, 2006):

- São impermeáveis à umidade, gases, odores e microrganismos;
- São inertes e não reagem ou migram para os alimentos;
- Têm velocidade de enchimento comparável à das latas;
- São apropriados ao processamento pelo calor quando hermeticamente fechados;
- São reutilizáveis e recicláveis;
- Podem ser fechados novamente;
- Mostram seu conteúdo devido à transparência e podem ser decorados;
- Podem ser moldados em uma grande variedade de formas e cores;
- Agregam valor ao produto, na visão do consumidor;
- São rígidos, possuem boa força vertical, permitindo o empilhamento sem danos para o recipiente.

As principais desvantagens do vidro incluem:

- Peso elevado;
- Preço mais elevado;
- Índice de quebra;
- Alguma dificuldade na manipulação.

12.3.3 Embalagens Flexíveis

As embalagens flexíveis são aquelas obtidas pelo uso de materiais flexíveis, conforme o próprio nome diz, e são destinadas ao acondicionamento de alimentos sólidos, líquidos e pastosos. As embalagens podem ser classificadas em: papel, plástico, folhas metálicas (alumínio) e laminados, sendo as embalagens de plástico as mais importantes.

As estruturas das embalagens flexíveis incluem diversos materiais, combinados entre si, entre eles o alumínio, papel, polipropileno biorientado (BOPP), polietileno, polipropileno, polietileno tereftalato (PET), materiais barreira, selantes etc. Uma das principais vantagens da embalagem flexível é a possibilidade de combinação de diversos materiais. Dependendo da necessidade de cada alimento, pode-se utilizar diferentes tipos de materiais para criar barreiras de proteção.

As propriedades fundamentais para a escolha de uma embalagem flexível são:

- Permeabilidade ao vapor d'água;
- Permeabilidade aos gases (oxigênio);
- Faixa de temperatura de trabalho;
- Termossoldabilidade.

Polietileno (PE)

É o filme plástico mais usado no Brasil devido ao seu baixo custo. É um polímero simples de cadeia reta, destacando-se os seguintes aspectos: a) proporciona excelente barreira ao oxigênio e gás carbônico; b) fornece também barreira à umidade do ar (água).

Os dois tipos de polietileno mais usados são (PIERGIOVANNI, 1998):

Polietileno de Alta Densidade (PEAD) – Polímero de adição do etileno apresenta uma estrutura linear com poucas ramificações, elevada cristalinidade, massa volúmica 0,94 g/cm³ a 0,96 g/cm³, intervalo térmico de uso -25 °C a 120 °C. Permeabilidade muito baixa à água, muito alta ao oxigênio. Excelentes características de isolamento elétrico. Resistente aos ácidos, álcalis, óleos, álcoois e estresse físico. Não resiste aos agentes oxidantes e solventes orgânicos a quente.

Poliétileno de Baixa Densidade (PEBD) – Polímero de adição do etileno apresenta uma estrutura muito ramificada, média cristalinidade, massa volúmica 0,92 g/cm³ a 0,94 g/cm³, intervalo térmico de uso 40 °C a 80 °C. Baixa permeabilidade à água e muito alta ao oxigênio. Excelentes características de isolamento elétrico. Resistente aos ácidos, álcalis, solventes orgânicos a quente e tensoativos.

Polipropileno (PP)

É um filme plástico obtido a partir da polimerização do propileno. Suas características básicas são:

Densidade mais baixa em relação ao polietileno, o que o torna mais leve;
Melhor barreira ao oxigênio e à umidade do que o polietileno de baixa densidade;

Brilhante e tem uma excelente transparência;

Mais resistente à termossoldagem (fechamento) do que o polietileno.

Poliestireno (PS)

É obtido a partir do benzeno combinado com o gás etileno. Suas características principais são:

Tem baixo custo em relação ao polietileno e polipropileno;

Não constitui boa barreira aos gases e ao vapor d'água.

Laminados

São combinações de vários filmes visando aumentar sua versatilidade como:

Impermeabilidade ao vapor d'água e aos gases (oxigênio e gás carbônico);

Termossoldabilidade;

Resistência mecânica e química.

Dentre os laminados destacam-se: a) polietileno/alumínio/polietileno/celofane; b) papel/polietileno/alumínio/polietileno.

12.3.4 Embalagens PET

O PET (polietileno tereftalato) é uma resina muito popular e com uma das maiores taxas de crescimento na aplicação como material de embalagem devido a sua resistência e transparência (ALVES *et al.*, 1988).

A resina PET se consolidou como material de embalagem passando de um consumo de 17 mil toneladas, em 1993, para 800 mil toneladas, em 2002. De acordo com os dados estatísticos da Associação Brasileira de Embalagens PET, a curva de crescimento do consumo de PET está chegando à maturidade, com um índice projetado de 8% a 10% ao ano, dependendo das condições sazonais (REINOLD, 2003).

A evolução do *design* permitiu otimizar a embalagem, embalando a mesma quantidade de produto com quantidade de PET cada vez menor e sem perda de resistência e funcionalidade. Esta embalagem também impulsionou a promoção das marcas e otimizou o transporte e a logística, vantagens que conduziram à escolha do PET para muitos outros produtos, com destaque para águas e outros líquidos alimentares (SELENIS, 2006).

Compatível com vários processos de engarrafamento, rotulagem, fechamento (capsulagem), marcação, grupagem e paletização, a embalagem PET conquistou rapidamente os mercados alimentares. O desenvolvimento técnico deu origem a novas aplicações e características, entre as quais se destacam as seguintes (SELENIS, 2006):

A reutilização da embalagem PET: em vários países, foram lançadas garrafas PET reutilizáveis, capazes de suportar várias viagens (resistência mecânica) e os processos de lavagem convencionais (resistência térmica e química).

A utilização de tratamentos térmicos: outra evolução em destaque é a embalagem PET compatível com tratamentos especiais, tais como o enchimento a quente, tratamento térmico após o enchimento e, no caso das garrafas reutilizáveis, a lavagem a quente. As bebidas isotônicas, sucos de fruta, com requisitos de tratamento térmico, passaram a ser mercados para o PET.

As propriedades barreira: indispensáveis para a preservação e o prolongamento da vida útil dos produtos, as propriedades barreira do PET são superiores às de outros materiais plásticos. Para produtos que exigem propriedades acrescidas, seja em barreira ativa (à luz e ao oxigênio, principalmente) ou passiva (ao dióxido de carbono) surgiram as garrafas PET com multicamadas (combinação de PET com materiais

barreira, como EVOH (copolímero de etileno e álcool vinílico) ou óxido de silicone).

A incorporação de PET reciclado: as preocupações ambientais justificaram o desenvolvimento de tecnologias de incorporação de PET reciclado na produção de novas garrafas. Estão disponíveis tecnologias multicamadas (duas camadas de PET virgem intercaladas por uma camada de PET reciclado) e tecnologias monocamadas com combinações de PET virgem e PET reciclado.

As principais vantagens da embalagem PET são:

Transparência;

Praticidade;

Menor peso em relação ao vidro;

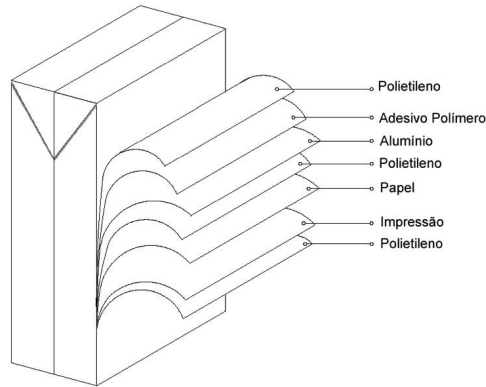
Reciclável.

12.3.5 Embalagens Cartonadas

As embalagens cartonadas preservam os alimentos por muitos meses longe do contato com as bactérias e outros microrganismos. São compostas de várias camadas que formam uma barreira, impedindo a entrada de luz, ar e água (PRADO FILHO, 2002).

A embalagem cartonada é composta de seis camadas de diferentes materiais. Começando de dentro para fora, possui duas camadas de polietileno que evitam qualquer contato do alimento com as demais camadas protetoras da embalagem. Em seguida, vem uma camada de alumínio cuja função é evitar a passagem de oxigênio, luz e microrganismos, e uma quarta camada de polietileno. Uma quinta camada de papel confere resistência à embalagem e, finalmente, uma sexta camada de polietileno. Geralmente, uma camada com a impressão pode aparecer antes da última camada de polietileno (Figura 1). Em linhas gerais, as embalagens são feitas de papel-cartão, plástico (polietileno de baixa densidade) e alumínio. O papel corresponde a 75%, o plástico a 20% e o alumínio a 5%. Podem ser envasados neste tipo de embalagem alimentos líquidos como sucos e água de coco; e viscosos como goiabada (PRADO FILHO, 2002).

Figura 1 – Representação das camadas formadoras de uma embalagem cartonada



Fonte: Elaborada pelos autores.

Um dos objetivos deste tipo de embalagem é proteger o seu conteúdo. Sua eficiência mantém microrganismos longe de alimentos como sucos de fruta, preservando-os por muitos meses. Além disso, facilita a distribuição e o armazenamento dos produtos, pois os alimentos podem ser mantidos sem refrigeração (EMBALAGEM..., 2002).

O peso é outro fator importante a ser considerado porque, para embalar um litro de alimento, são necessários somente 28 g de material, reduzindo recursos naturais e gasto de combustível durante o transporte. Sua assepsia é feita com um banho de água oxigenada (peróxido de hidrogênio H_2O_2). Depois disso, a embalagem é submetida a um jato de ar quente a 270 °C. Esse processo visa secar o peróxido de hidrogênio e fazer a esterilização final da caixinha (EMBALAGEM..., 2002).

Dentre outras vantagens, pode-se destacar:

Total ausência de luz e ar;

Facilidade de transporte e comercialização;

Enchimento a frio (asséptico);

Higiênica.

Quanto às suas desvantagens pode-se citar:

É necessário equipamento específico;

O produto não pode ser visto pelo consumidor.

A utilização de embalagens cartonadas se faz quando o alimento é submetido a um processo de esterilização comercial, seguindo-se de envase asséptico. Como resultado, o produto obtido apresenta estabilidade à temperatura ambiente com uma vida de prateleira de 6 a 12 meses.

No processo asséptico, o fluido passa continuamente por um trocador de calor para destruição microbiana e inativação enzimática e, em seguida, é resfriado passando então para as embalagens cartonadas, previamente esterilizadas, sendo assepticamente enchidas do produto frio, e os recipientes são fechados hermeticamente dentro da câmara asséptica.

O material da embalagem deve ser pré-esterilizado no processo de envase asséptico. O peróxido de hidrogênio, junto com calor ou radiação ultravioleta, é um dos agentes comuns usados para esterilização de materiais em embalagens cartonadas. Embora o mecanismo exato de ação de peróxido de hidrogênio não seja conhecido, seu efeito geralmente é atribuído à liberação de oxigênio nascente pelo efeito de calor ou a formação de radicais de hidroxil através de radiação ultravioleta. Há certas restrições na concentração de peróxido de hidrogênio que podem ser usadas para aplicação, como também o peróxido de hidrogênio residual no produto (SMITH; ZAGORY; RAMASWAMY, 2005).

REFERÊNCIAS

ALVES, R. M. V. *et al.* *Ensaio para avaliação de embalagens plásticas rígidas*. Campinas: CETEA/ITAL, 1988.

ANJOS, V. D. A. Características dos materiais utilizados na fabricação de embalagens metálicas para alimentos. In: ANJOS, V. D. A. (ed.). *Interação de embalagens metálicas com produtos alimentícios*. Campinas: CETEA/ITAL, 1989. 91 p.

BRASIL. Decreto Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969. Institui normas básicas sobre alimentos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo Brasília, DF, 22 out. 1969.

- DANTAS, S. T. *Embalagens metálicas e sua interação com alimentos e bebidas*. Campinas: CETEA/ITAL, 1999. 232 p.
- ELLIS, R. F. Rigid metal containers. In: JACKSON, J. M.; SHIN, B. M. (ed.). *Fundamentals of Food Canning Technology*, Westport/CT: AVI Publishing, 1979. p. 95-123.
- EMBALAGEM Cartonada. Transportando produtos sem refrigeração com segurança. *Pack*, ano 6, n. 61, p. 22, set. 2002.
- EVANGELISTA, J. Embalagens de alimentos. In: EVANGELISTA, J. (ed.). *Tecnologia de alimentos*. 2. ed. São Paulo: Ateneu, 1994. p. 471-573.
- FELLOWS, P. J. *Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e práticas*. 2. ed. Porto alegre: Artmed, 2006. 602 p.
- GAVA, A. J. Embalagens para alimento. In: GAVA, A. J. (ed.). *Princípios de tecnologia de alimentos*. São Paulo: Nobel, 1998. p. 105-128.
- JELEN, P. *Food packaging technology: introduction to food processing*. Reston/VA: Reston Publishing, 1985.
- MAIA, G. A.; ALBUQUERQUE, C. A. N. Produção de sucos de frutas tropicais. In: SEMANA INTERNACIONAL DA FRUTICULTURA, FLORICULTURA E AGROINDÚSTRIA – FRUTAL., 8., 2001, Fortaleza: Ceará, 2001. 206 p.
- MARSAL, P. *La boîte métallique e ses usages: ou le contact alimentaire des matériaux à base d'acier*. Paris, 1991. 163 p.
- PIERGIOVANNI, L. Materiais de embalagem e tecnologias de envase. In: BARUFFALDI, R.; OLIVEIRA, M. N. (ed.). *Fundamentos de tecnologia de alimentos*. São Paulo: Atheneu, 1998. v. 3, p. 219-278.
- POTTER, N. N. *Food science*. The AVI Publishing Co. Inc., 1968.
- PRADO FILHO, H. R. PET e embalagens cartonadas. *Pack*, ano 6, n. 61, p. 3, set. 2002.
- REINOLD, M. R. Tendências do mercado mundial de bebidas. *Revista Engarrafador Moderno*, p. 12, jan. 2003.

SARON, E. S.; GATTI, J. A. B. Materiais metálicos utilizados na fabricação de embalagens para alimentos. *In: DANTAS, S. T. (org.). Embalagens metálicas e sua interação com alimentos e bebidas*. Campinas: CETA/ITAL, 1999. p. 3-31.

SELENIS. Disponível em: http://www.selenis.com/index.php?option=com_content&task=view&id=58&Itemid=61&lang=pt. Acesso em: 20 set. 2006.

SMITH, J. P.; ZAGORY, D.; RAMASWAMY, H. S. Packaging of fruits and vegetables. *In: BARRETT, D. M.; SOMOGYI, L.; RAMASWAMY, H. (ed.). Processing fruits: science and technology*. 2nd. ed. USA/Florida: CRC Press, 2005.

13. CLASSIFICAÇÃO E LEGISLAÇÃO DE PRODUTOS DE FRUTAS TROPICAIS

13.1 Introdução

A mudança de hábitos alimentares ocorrida nos últimos anos, com o aumento de produtos pré-preparados ou processados, gerou um reflexo permanente no mercado de frutas e, conseqüentemente, na forma de apresentação de seus produtos. O mercado de frutas industrializadas vem crescendo mais que o de frutas in natura em virtude, principalmente, da praticidade no consumo e preparo destes produtos, bem como pela disponibilidade permanente das frutas tropicais, mesmo fora do período de safra e em mercados distantes das regiões tropicais.

Os sucos, polpas e outros produtos derivados de frutas foram incorporados ao cotidiano das pessoas e com isso ampliou-se a necessidade do desenvolvimento de novos produtos para este mercado crescente. Com a diversificação de produtos disponíveis, em alguns casos torna-se difícil classificá-los. Desta forma, um estudo detalhado da legislação bem como das diferenças técnicas entre alguns produtos é necessário para que se possam satisfazer os requisitos exigidos nos padrões de identidade e qualidade desses produtos durante o processamento.

Algumas frutas tropicais, devido à quantidade de fibras e polpa excessivamente espessa, necessitam de procedimentos especiais durante a extração do suco. Outras, ao contrário, durante o processamento, recebem tratamentos para sua clarificação e remoção da polpa. Produtos de frutas que anteriormente apresentavam regulamentos técnicos específicos como doces, compotas e outros, atualmente são enquadrados em uma única legislação. Isso demonstra toda a diversidade e flexibilidade da legislação na busca de atender as solicitações dos consumidores, visando sempre à qualidade e à segurança dos produtos

industrializados. Desta forma, a legislação brasileira tenta, por meio de suas portarias, decretos e regulamentos técnicos estabelecer Padrões de Identidade e Qualidade para estes produtos, bem como classificá-los de acordo com suas características e processos tecnológicos empregados para obtenção.

Em muitos casos uma única legislação não é suficiente para determinar todos os requisitos e definições de um produto. Devido a isso é comum encontrar, por exemplo, um decreto ou portaria estabelecendo definições e características de um produto de forma geral e um regulamento técnico com as características específicas para cada fruta. Muitas vezes os regulamentos técnicos específicos são publicados posteriormente e trazem informações sobre os produtos mais comumente encontrados no mercado.

13.2 Controle de qualidade de produtos de frutas

A qualidade vem se tornando um dos quesitos mais importantes observados pelos consumidores na hora de adquirir um produto alimentício. De fato, por se tratar de alimentos, a ausência ou a baixa qualidade de um produto pode gerar transtornos não somente ligados a prejuízos financeiros para o consumidor, mas também relacionados à sua saúde.

Desta forma, com o aumento da vigilância do consumidor em relação à qualidade dos alimentos consumidos, o aumento da competição entre as indústrias e a ação efetiva dos órgãos de fiscalização, a garantia da qualidade deixou de ser somente uma ferramenta de apoio para tornar-se uma área de importância estratégica fundamental para as indústrias de alimentos.

A qualidade de um produto pode ser definida como um conjunto de características que exerce influência na aceitação deste produto pelo consumidor. Nos alimentos, essas características de aceitação podem ser representadas pelo aroma, sabor, odor, dimensões de cor, viscosidade, consistência, dimensões de textura, ausência de defeitos e materiais

estranhos à vista do consumidor. Atualmente também se observa como atributo de qualidade o valor nutritivo (proteína, gordura, vitaminas, minerais, açúcares, qualidade biológica, digestibilidade) e a ausência de substâncias tóxicas (toxinas microbianas, resíduos de defensivo agrícola).

O desejo do consumidor em relação à aquisição de produtos de qualidade vem despertando há muito tempo as indústrias e lavando-as a desenvolverem programas cujo objetivo principal é a excelência do material produzido. Um bom exemplo disso é a implantação do Programa 5S, que é uma ferramenta básica para implantação de um sistema de qualidade. A indústria de alimentos, pelo seu caráter de poder interferir diretamente na saúde do consumidor, adequou alguns programas e desenvolveu seus próprios, destacando-se, neste caso, as Boas Práticas de Fabricação (BPF) e o sistema APPCC – Análises de Perigos e Pontos Críticos de Controle. As BPF e o APPCC atualmente deixaram de ser uma exigência somente do consumidor e passaram a ser cobradas por órgãos públicos como o Ministério da Saúde e da Agricultura por meio de legislações específicas.

Sob o aspecto funcional, a qualidade deve ser considerada como uma especificação ou um grupo de especificações dentro de determinados limites ou tolerâncias que devem ser atendidas. A observação do cumprimento dessas especificações é feita por meio do controle de qualidade.

O controle de qualidade de um produto pode ser descrito como um conjunto de ações praticadas durante a produção, processamento, armazenamento e comercialização de um alimento, com o objetivo de manter a qualidade desses produtos em níveis aceitáveis pelos consumidores nos aspectos sensoriais, nutricionais e higiênico-sanitários, bem como minimizando os custos de produção.

Na indústria de alimentos é importante que o controle de qualidade seja realizado desde o início do processo, na recepção da matéria-prima. Depois de processado, em caso de falhas no processo, dificilmente o produto poderá ser reaproveitado por tratar-se de alimentos em sua maioria perecíveis. Isso pode gerar, além de prejuízos materiais às indústrias, falta de confiabilidade por parte dos consumidores. Contudo, a inspeção de produtos acabados não é uma ferramenta dispensável.

13.3 Padrões de Identidade e Qualidade

Para os produtos alimentícios foram estabelecidos Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) os quais estabelecem atributos de qualidade importantes e seus parâmetros, isto é, os valores que estes tributos devem apresentar ou podem ser tolerados para um determinado artigo ou produto incluem as técnicas de avaliação dessas características de qualidade e os planos de amostragem. Estes atributos ou indicadores de qualidade, para alimentos, são as suas características químicas, físicas, microbiológicas e sensoriais.

Alguns PIQ são estabelecidos como critérios pela própria indústria. Outros são determinados por órgãos oficiais municipais, estaduais, federais e internacionais (*Codex Alimentarius*) por meio de legislação específica. Os padrões de qualidade de produtos de frutas, bem como de seus produtos processados, são baseados na legislação estabelecida pelo Ministério da Agricultura e pelo Ministério da Saúde por meio da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Esses órgãos são responsáveis pela elaboração, regulamentação e fiscalização das resoluções, regulamentos técnicos, leis, decretos e portarias que visam à produção de alimentos de forma segura dentro de padrões de qualidade definidos.

De acordo com o Decreto-Lei nº 986 da Anvisa (BRASIL, 1969), para cada tipo ou espécie de alimento será aprovado um Padrão de Identidade e Qualidade dispondo sobre: denominação, definição e composição, compreendendo a descrição do alimento, citando o nome científico, quando houver, e os requisitos que permitam fixar um critério de qualidade; requisitos de higiene, compreendendo medidas sanitárias concretas e demais disposições necessárias à obtenção de um alimento puro comestível e de qualidade comercial; aditivos intencionais que podem ser empregados, abrangendo a finalidade do emprego e o limite de adição; requisitos aplicáveis a peso e medida; requisitos relativos à rotulagem e apresentação do produto; métodos de colheita de amostra e análise dos alimentos.

Os requisitos de higiene abrangerão também o padrão microbiológico do alimento e o limite residual de pesticidas e contaminantes tolerados, expostos em legislação específica.

Os padrões microbiológicos para polpas e bebidas de frutas (sucos e néctares) são apresentados no Quadro 1. Para sucos ou néctares comercialmente estéreis, que são produtos ácidos ou acidificados (pH < 4,5), o alimento não deve apresentar sinais de alterações que indiquem a presença de microrganismos capazes de proliferar em condições normais de armazenamento e distribuição (BRASIL, 2019).

Quadro 1 – Padrões microbiológicos para polpas e bebidas de frutas

Produto	Microrganismo	Limite máximo permitido
Polpas e purês	Salmonella Escherichia coli Bolores e leveduras	Ausência/25 g 10 ² /g 10 ⁴ /g
Suco ou néctar adicionado de conservadores e não refrigerados	Bolores e leveduras	10 ² /ml
Sucos desidratados	Salmonella	Ausência/25 g
Sucos concentrados adicionados de conservadores ou congelados	Salmonella Enterobacteriaceae Bolores e leveduras	Ausência/25 g 10 ² /ml 10 ³ /ml
Sucos submetidos a processos tecnológicos para redução microbiana, mas que necessitam de refrigeração	Salmonella Enterobacteriaceae Bolores e leveduras	Ausência/25 g 10 ² /ml 10 ² /ml
Sucos e outras bebidas in natura	Salmonella Escherichia coli	Ausência/25 g 10 ² /ml

Fonte: Brasil (2019).

Os Padrões de Identidade e Qualidade poderão ser revistos pelo órgão competente do Ministério da Saúde, por iniciativa própria ou a requerimento da parte interessada, devidamente fundamentada. Poderão ser aprovados subpadrões de identidade e qualidade, devendo os alimentos por ele abrangidos ser embalados e rotulados de forma a distingui-los do alimento padronizado correspondente (BRASIL, 1969).

Embora definidos pelo Ministério da Saúde através da Anvisa, os Padrões de Identidade e Qualidade de alimentos podem ser apresentados

em Regulamentos Técnicos do Ministério da Agricultura. Um exemplo de Padrão de Identidade e Qualidade especificado pela legislação é dado a seguir.

As definições encontradas neste capítulo referem-se aos sucos e suas classificações, sucos tropicais, néctares de frutas, refrescos. Também estão descritos neste capítulo as polpas de fruta, a água de coco, o leite de coco, o coco ralado, os doces de fruta, as compotas e outros produtos de fruta.

13.4 CLASSIFICAÇÃO DOS SUCOS DE FRUTA E PRODUTOS SIMILARES

13.4.1 Suco de fruta

Devido as suas características de sabor, odor e também pelo seu apelo nutricional e praticidade de consumo, o principal produto de fruta é, sem dúvida, o suco.

O suco, ou sumo, é definido pelo Decreto 6.871, de 4 de junho de 2009, do Ministério da Agricultura, que regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994 (BRASIL, 1994), que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas (BRASIL, 2009a).

Os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) para sucos e polpas de fruta são estabelecidos pela Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018 (BRASIL, 2018a), e seus regulamentos complementares como a Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018 (BRASIL, 2018b).

Por definição deste decreto, suco ou sumo é a bebida não fermentada, não concentrada, ressalvados os casos especificados, e não diluída, destinada ao consumo, obtida da fruta madura e sã, ou parte do vegetal de origem, por processamento tecnológico adequado, submetida a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo (BRASIL, 2009).

Esta definição é aplicável a frutas tropicais e não tropicais. O suco não poderá conter substâncias estranhas à fruta ou parte do vegetal

de sua origem, excetuadas as previstas em legislação específica. Os sucos não podem conter aromas e corantes artificiais. Devem, contudo, possuir características organolépticas próprias de suas matérias-primas de origem.

Os sucos poderão conter como ingredientes opcionais: açúcares, gás carbônico industrialmente puro, partes comestíveis de frutas ou vegetais, vitaminas e fibras previstas em legislação específica, sal e especiarias (exclusivo para o suco de tomate).

Em relação aos açúcares presentes, de acordo com a legislação, o suco poderá ser adicionado de açúcares na quantidade máxima fixada para cada tipo de suco (em PIQ específico), observado o percentual máximo de 10% em peso, calculado em gramas de açúcar por cem gramas de suco (g/100 g), tendo sua denominação acrescida pela designação “adoçado”.

Esta atualização da legislação também prevê o uso de dióxido de carbono aos sucos, devendo estes utilizar a denominação “suco de (nome da fruta) gaseificado”.

Outras classificações relativas ao suco de frutas também são estabelecidas pelo mesmo decreto e seus atos normativos complementares.

Suco concentrado: é o suco que for parcialmente desidratado, submetido a processo físico para a retirada de água, suficiente para elevar em, no mínimo, 50% (cinquenta por cento) o teor de sólidos solúveis presentes no respectivo suco integral. Devido ao processo de evaporação, alguns aromáticos característicos dos frutos de origem podem se perder; o suco concentrado pode ter os voláteis reincorporados.

Suco desidratado: é o suco sob o estado sólido, obtido pela desidratação do suco integral, devendo conter a expressão “suco desidratado de (nome da fruta)”.

Sucos concentrados e desidratados, quando reconstituídos, deverão conservar os teores de sólidos solúveis originais do suco integral, ou o teor de Sólidos Solúveis (SS) mínimo estabelecido nos respectivos padrões de identidade e qualidade para cada tipo de suco. É proibida a adição de açúcar ao suco desidratado e ao suco concentrado ou aos respectivos sucos que lhe deram origem.

No processo de elaboração do suco desidratado, pode ser adicionada a maltodextrina, maltodextrina modificada, ou ambas, desde que o suco desidratado seja produzido exclusivamente para fins industriais e não destinado ao consumo direto, bem como adicionado dos mesmos aditivos previstos para a bebida a que se destina. A informação sobre o consumo para fins industriais deve vir na rotulagem do produto e a denominação, neste caso, será: suco de fruta desidratado de (nome da fruta) para fins industriais.

Suco misto: é o suco obtido pela mistura de frutas, combinação de fruta e vegetal, combinação das partes comestíveis de vegetais ou mistura de suco de fruta e vegetal, sendo a denominação constituída da expressão suco misto, seguida da relação de frutas ou vegetais utilizados, em ordem decrescente das quantidades presentes na mistura. Ex.: suco misto de caju, abacaxi e goiaba.

Suco reconstituído: é o suco obtido pela diluição de suco concentrado ou desidratado, até a concentração original do suco integral ou ao teor mínimo de sólidos solúveis estabelecido nos respectivos padrões de identidade e qualidade para cada tipo de suco integral, sendo obrigatório constar, na sua rotulagem, a origem do suco utilizado para sua elaboração, se concentrado ou desidratado, sendo opcional o uso da expressão reconstituído.

A designação “suco integral” só poderá ser utilizada para o suco sem adição de açúcar e na sua concentração natural, sendo vedado o uso de tal designação para o suco reconstituído.

Os sucos que utilizam a denominação “suco tropical” serão abordados em um tópico específico deste capítulo.

Os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) para suco de frutas estão detalhados na IN nº 32/2018 (BRASIL, 2018). Cada fruta, de acordo com suas características, terá padrões diferenciados, podendo ser enquadrada, inclusive, em mais de um PIQ. O caju é um caso especial, já que está contemplado em três categorias especiais de suco: suco clarificado (ou cajuína), suco integral e suco alto teor de polpa. O Exemplo 1, 2 e 3 apresenta os Padrões de Identidade e Qualidade para estes produtos descritos no Regulamento Técnico acima citado.

Exemplo 1 – Padrão de identidade e qualidade para suco de caju

REGULAMENTO TÉCNICO PARA FIXAÇÃO DOS PADRÕES DE IDENTIDADE E QUALIDADE PARA SUCO DE CAJU INTEGRAL		
1. DEFINIÇÃO		
O suco de caju é o produto definido no art. 18 do Decreto nº 6.871, de 2009, obtido da parte comestível do caju (<i>Anacardium occidentale</i> L.), por meio de processo tecnológico adequado.		
2. COMPOSIÇÃO		
O suco de caju integral deverá obedecer às características e composição abaixo:		
Parâmetro	Min.	Máx.
Sólidos solúveis em °Bx a 20 °C	10,00	-
pH	3,8	-
Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100 g)	0,18	-
Açúcares totais naturais do caju (g/100 g)	-	15,00
Ácido ascórbico (mg/100 mg)	80,00	-

Fonte: Brasil (2018).

Exemplo 2 – Padrão de identidade e qualidade para suco de caju alto teor de polpa

REGULAMENTO TÉCNICO PARA FIXAÇÃO DOS PADRÕES DE IDENTIDADE E QUALIDADE PARA SUCO DE CAJU ALTO TEOR DE POLPA		
1. DEFINIÇÃO		
Suco de caju alto teor de polpa é o produto não fermentada e não diluído, obtido da parte comestível do pedúnculo do caju (<i>Anacardium occidentale</i> L.), por meio de processo tecnológico adequado.		
2. COMPOSIÇÃO		
O suco de caju alto teor de polpa deverá obedecer às características em composição abaixo:		
Cor: variando de branco ao amarelado		
Sabor: próprio, levemente ácido e adstringente		
Aroma: próprio		
	Min.	Máx.
Sólidos solúveis em °Bx a 20 °C	10	—
Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100 g)	0,18	—
Ácido ascórbico (mg/100 mg)	80	—
Açúcares totais naturais do caju (g/100 g)	—	15
Sólidos totais (g/100 g)	10,5	—

Fonte: Brasil (2018).

Exemplo 3 – Padrão de identidade e qualidade para suco de caju clarificado

REGULAMENTO TÉCNICO PARA FIXAÇÃO DOS PADRÕES DE IDENTIDADE E QUALIDADE PARA SUCO DE CAJU CLARIFICADO		
1. DEFINIÇÃO		
A cajuína ou suco de caju clarificado é o produto definido no art. 18 do Decreto nº 6.871, de 2009, obtido do pseudofruto, parte comestível do caju, (<i>Anacardium occidentale</i> L.), por meio de processo tecnológico adequado.		
2. COMPOSIÇÃO		
O suco de caju clarificado deverá obedecer às características e composição abaixo:		
Cor: variando do incolor ao amarelado translúcido		
Sabor: próprio, levemente ácido e adstringente.		
É vedada a adição de açúcar, gás carbônico ou corante caramelo no suco clarificado de caju.		
	Min.	Máx.
Sólidos solúveis em °Bx a 20 °C	10	—
Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100 g)	0,18	—
Ácido ascórbico (mg/100 mg)	60	—
Açúcares totais naturais do caju (g/100 g)	—	15,00

Fonte: Brasil (2018).

Observa-se que entre o suco integral de caju e o suco alto teor de polpa a principal diferença está na quantidade de sólidos estabelecidos para este último e caracterizando-o como um suco mais polposo. Já a cajuína, um produto bastante apreciado no nordeste do Brasil, é o produto obtido do pseudofruto, parte comestível do caju (*Anacardium occidentale* L.), por meio de processo tecnológico adequado e passa por um processo de clarificação em que as partículas sólidas da polpa são removidas e com isso o produto tende a ter menor acidez, fibras e menor adstringência também. O conteúdo de vitamina C também é reduzido neste produto em comparação com os demais em função, principalmente, do tratamento térmico ao qual a bebida é submetida.

13.4.2 Suco tropical

As frutas consideradas polposas apresentam dificuldades na extração de suco, sendo necessária a adição de água para tal finalidade. Na extração de suco das frutas polposas sem adição de água o produto não apresenta característica fluida de suco, apresentando-se como uma

polpa espessa. O produto muito polposo, em alguns casos, pode causar obstrução dos equipamentos da indústria de sucos, projetados para fluidos menos viscosos.

Devido a estas dificuldades técnicas o Ministério da Agricultura estabeleceu a definição dos sucos tropicais adoçados e não adoçados. De acordo com o Decreto nº 6.871/2009, o suco tropical é definido como a bebida não fermentada obtida pela dissolução, em água potável ou em suco clarificado de fruta tropical, da polpa de fruta polposa de origem tropical, por meio de processo tecnológico adequado, devendo ter cor, aroma e sabor característicos da fruta, submetido a tratamento que assegure a sua apresentação e conservação até o momento do consumo. O termo “suco tropical” só poderá ser utilizado para frutas de origem tropical. Por conter água em sua composição, a denominação “integral” não é compatível com o suco tropical.

Vale ressaltar que algumas frutas como o abacaxi, caju e maracujá podem ser extraídas sem adição de água e, neste caso, é opcional o uso da denominação “suco tropical”, podendo estas frutas utilizarem apenas o termo “sucos”.

Os sucos tropicais são classificados em duas categorias: sucos tropicais e sucos tropicais mistos. Este último apresenta como característica principal a presença de duas ou mais frutas polposas tropicais em sua composição. A designação “misto” é opcional em sua apresentação.

O suco tropical deve ser obtido de frutas frescas, sãs e maduras e deve manter as características físicas, químicas e sensoriais de suas frutas de origem. Na elaboração dos produtos também deve ser observada a utilização de água potável, de acordo com os critérios de potabilidade estabelecidos em legislação específica. O suco tropical pode ser obtido de suco concentrado de fruta de origem tropical.

Para cada suco tropical é estabelecido um Regulamento Técnico específico no qual constam os requisitos máximos e mínimos para cada fruta. Dentre os requisitos observados estão o teor de sólidos solúveis (°Bx), o teor de polpa (g/100 g), a acidez total expressa em ácido cítrico (g/100 g) e os açúcares totais (g/100 g). No caso de frutas reconhecidas como fontes de vitamina C, o teor de ácido ascórbico (mg/100 g) também é considerado como requisito exigido.

Os sucos obtidos de frutas tropicais cuja quantidade mínima de polpa não tenha sido determinada em Regulamento Técnico específico, deve conter um mínimo de 50% (m/m) da respectiva polpa, salvo o caso da fruta com acidez alta ou conteúdo de polpa muito elevado ou sabor muito forte que, neste caso, o conteúdo de polpa não deve ser inferior a 35% (m/m).

A rotulagem do produto deve obedecer a alguns critérios estabelecidos na legislação (BRASIL, 2003). É obrigatória a declaração, de forma visível e legível, do percentual mínimo, em peso, da(s) polpa(s) da(s) respectiva(s) fruta(s) utilizada(s) na elaboração do suco tropical ou no suco tropical misto.

No suco tropical misto é obrigatória a declaração, na lista de ingredientes, dos nomes das frutas que compõem o produto, em ordem decrescente de suas quantidades. O suco tropical, quando obtido de suco concentrado, deve declarar, na lista de ingredientes, esta origem. No suco tropical pronto para beber deve ser declarada a palavra “adoçado”.

Os valores máximos e mínimos especificados em cada Regulamento Técnico variam entre o suco adoçado e não adoçado. O suco adoçado, por apresentar-se na forma de produto pronto para beber, possui uma quantidade de polpa inferior ao produto não adoçado.

Nos Regulamentos Técnicos específicos, também são descritas informações como definição e composição, conforme mostra os Exemplos 4 e 5, extraídos do Anexo II da Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003, do Ministério da Agricultura (BRASIL, 2003).

Exemplo 4 – Suco tropical de caju adoçado e não adoçado

PADRÕES DE IDENTIDADE E QUALIDADE PARA SUCO TROPICAL DE CAJU				
1. DEFINIÇÃO				
Suco tropical de caju é a bebida não fermentada, obtida pela dissolução, em água potável, da polpa do caju (<i>Anacardium occidentale</i> L.), por meio de processo tecnológico adequado.				
2. COMPOSIÇÃO				
O suco tropical de caju deve obedecer às características e composição abaixo:				
Cor: amarelo-clara;				
Sabor: próprio, levemente adstringente;				
Aroma: próprio.				
	Não adoçado		Adoçado	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Polpa de caju (g/100 g)	60,00	--	25,00	--
Sólidos solúveis em °Bx, a 20 °C	5,00	--	11,00	--
Acidez total em ácido cítrico (g/100 g)	0,15	--	0,12	--
Açúcares totais (g/100 g)	--	15,00	8,00	--
Ácido ascórbico (mg/100 g)	40,00	--	20,00	--
3. O Suco Tropical de Caju deve obedecer aos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais, fixados para Suco Tropical.				

Fonte: Brasil (2003).

Exemplo 5 – Suco tropical de goiaba adoçado e não adoçado

PADRÕES DE IDENTIDADE E QUALIDADE PARA SUCO TROPICAL DE GOIABA				
1. DEFINIÇÃO				
Suco tropical de goiaba é a bebida não fermentada, obtida pela dissolução, em água potável, da polpa da goiaba (<i>Psidium guajava</i> , L.), por meio de processo tecnológico adequado.				
2. COMPOSIÇÃO				
O suco tropical de goiaba deve obedecer às características e composição abaixo:				
Cor: variando de branca a vermelha;				
Sabor: próprio;				
Aroma: próprio.				
	Não adoçado		Adoçado	
	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Polpa de goiaba (g/100 g)	50,00	--	45,00	--
Sólidos solúveis em °Bx, a 20 °C	6,00	--	11,00	--
Acidez total em ácido cítrico (g/100 g)	0,30	--	0,12	--
Açúcares totais (g/100 g)	--	--	8,00	--
Ácido ascórbico (mg/100 g)	30,00	--	26,00	--
3. Ao suco tropical de goiaba pode ser adicionado o corante natural.				
4. O suco tropical de goiaba deve obedecer aos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais, fixados para suco tropical.				

Fonte: Brasil (2003).

É importante observar que os Padrões de Identidade e Qualidade (PIQ) são especificados de acordo com as características dos frutos, embora também possam levar em consideração características de mercado como, por exemplo, a apresentação do produto. No caso da goiaba, apresentado no Exemplo 2, observa-se que o PIQ afirma que podem ser adicionados corantes naturais ao produto. Isso é um apelo de mercado, já que o suco extraído da goiaba branca apresenta uma coloração menos apreciada pelos consumidores.

13.4.3 Néctar de frutas

O néctar de frutas é uma bebida muito apreciada devido aos seus atributos de praticidade, já que se trata, essencialmente, de um produto pronto para beber. O néctar de frutas apresenta como característica principal de composição a presença de quatro constituintes básicos: polpa de fruta, água, açúcar e ácidos orgânicos como, por exemplo, o ácido cítrico, no caso de frutos pouco ácidos.

O néctar é definido no Decreto 6.871/2009 do Ministério da Agricultura como a bebida não fermentada, obtida da dissolução, em água potável, da parte comestível da fruta e açúcares, destinado ao consumo direto, podendo ser adicionado de ácidos (BRASIL, 2009).

Os Padrões de Identidade e Qualidade para néctar de frutas também são regulados pelo Ministério da Agricultura por meio da Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003, a mesma que regulamenta os sucos tropicais (BRASIL, 2003).

No caso dos néctares, é importante destacar duas diferenças básicas em relação ao suco tropical adoçado, que também é um produto pronto para beber:

Os néctares englobam frutas tropicais e não tropicais como, por exemplo, o pêssego, que não é fruta tropical e está descrito no regulamento dos néctares;

O néctar de frutas é um produto mais diluído e, portanto, apresenta um conteúdo de polpa inferior em relação ao suco tropical adoçado.

Os requisitos exigidos nos PIQ dos néctares são: quantidade de suco ou polpa de fruta (g/100 g); sólidos solúveis (°Bx a 20 °C); acidez total em ácido cítrico (g/100 g) e açúcares totais (g/100 g). Além destes, no caso de frutas reconhecidas fontes de vitamina C como a acerola, o caju e a goiaba, é exigido também o teor de ácido ascórbico (mg/100 g).

O néctar, cuja quantidade mínima de polpa de uma determinada fruta não tenha sido fixada em Regulamento Técnico específico, deve conter no mínimo 30% (m/m) da respectiva polpa, ressalvado o caso de fruta com acidez, ou conteúdo de polpa muito elevado, ou sabor muito forte e, nesse caso, o conteúdo de polpa não deve ser inferior a 20% (m/m) (BRASIL, 2003).

Os Exemplos 6 e 7, extraídos do Anexo III da Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003, apresentam os requisitos exigidos nos Padrões de Identidade e Qualidade para algumas frutas.

Exemplo 6 – Néctar de caju

PADRÕES DE IDENTIDADE E QUALIDADE DO NÉCTAR DE CAJU		
1. DEFINIÇÃO		
Néctar de caju é a bebida não fermentada, obtida da dissolução, em água potável, da parte comestível do caju (<i>Anacardium occidentale</i> , L.) e açúcares, destinado ao consumo direto, podendo ser adicionado de ácidos.		
2. COMPOSIÇÃO		
O néctar de caju deve obedecer às características e composição abaixo:		
Cor: amarelo-clara;		
Sabor: característico;		
Aroma: próprio.		
	Min.	Máx.
Suco ou polpa de caju (g/100 g)	15,00	-,-
Sólidos solúveis em °Bx, a 20 °C	10,00	-,-
Acidez total em ácido cítrico (g/100 g)	0,12	-,-
Açúcares totais (g/100 g)	7,00	-,-
Ácido ascórbico (mg/100 g)	15,00	-,-

Fonte: Brasil (2003).

Exemplo 7 - Néctar de goiaba

PADRÕES DE IDENTIDADE E QUALIDADE DO NÉCTAR DE GOIABA

1. DEFINIÇÃO

Néctar de goiaba é a bebida não fermentada, obtida da dissolução, em água potável, da parte comestível do caju (*Psidium guajava*, L.) e açúcares, destinado ao consumo direto, podendo ser adicionado de ácidos.

2. COMPOSIÇÃO

O néctar de goiaba deve obedecer às características e composição abaixo:

Cor: variando de branca a avermelhada;

Sabor: característico;

Aroma: próprio.

	Min.	Máx.
Suco ou polpa de goiaba (g/100 g)	35,00	-.-
Sólidos solúveis em °Bx, a 20 °C	10,00	-.-
Acidez total em ácido cítrico (g/100 g)	0,10	-.-
Açúcares totais (g/100 g)	7,00	-.-
Ácido ascórbico (mg/100 g)	14,00	-.-

Fonte: Brasil (2003).

Comparando os Padrões de Identidade e Qualidade do néctar de caju e do suco tropical adoçado de caju, fica claro que a diferença em termo de composição é fundamentalmente na quantidade de suco ou polpa empregada na composição do produto. A redução no conteúdo de polpa também interfere em outros constituintes da bebida como, por exemplo, o conteúdo de vitamina C.

13.4.4 Refresco ou bebida de fruta

Além do suco e do néctar de frutas, os refrescos ou bebidas de fruta também se destacam como produtos regulamentados por meio de legislação específica através do Decreto 6.871/2009. Refresco, ou bebida de fruta, ou de vegetal é a bebida não fermentada, obtida pela diluição, em água potável, do suco de fruta, polpa ou extrato vegetal de sua origem, com ou sem adição de açúcares (BRASIL, 2009).

São considerados ingredientes básicos nos refrescos de fruta: suco ou polpa de fruta, açúcar – sacarose (açúcar refinado ou cristal), que poderá ser substituída total ou parcialmente por sacarose invertida, frutose, glicose e seus xaropes e água potável. Os refrescos podem conter dióxido de carbono, sendo, neste caso, denominados de gaseificados.

Exemplo 8 – Requisitos de qualidade para o refresco de caju adoçado

	Min.		Máx.
Suco de caju, no mínimo com 10 °Bx (V/V)	10 %		
Açúcar		Qsp	
Acidez titulável em ácido cítrico (g/100 ml)	0,07		

Fonte: Brasil (2009).

Exemplo 9 – Requisitos de qualidade para o refresco de goiaba

	Min.		Máx.
Suco de goiaba, no mínimo com 6 °Bx (V/V)	15		
Açúcar		Qsp	
Acidez titulável em ácido málico (g/100 ml)	0,1		

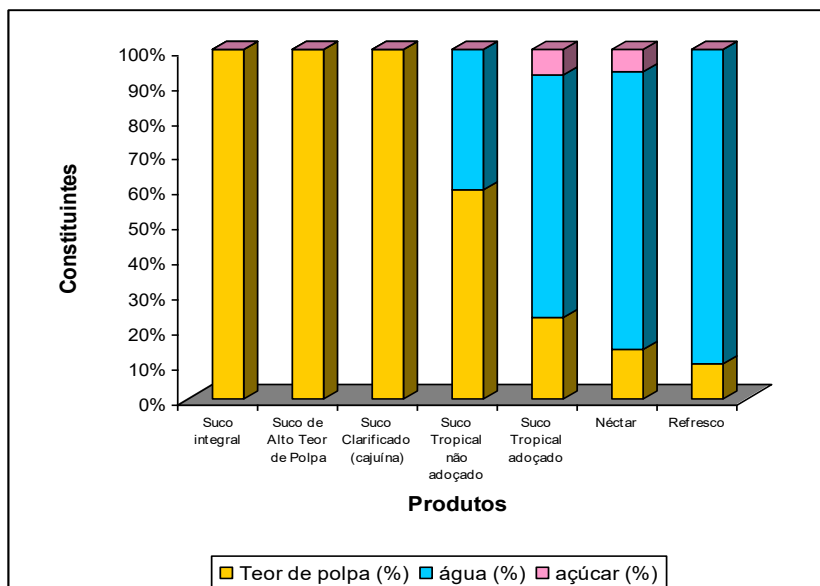
Fonte: Brasil (2009).

Pode-se observar que o conteúdo de suco na elaboração do refresco é inferior ao néctar e ao suco tropical adoçado. Também não há, mesmo em frutas consideradas fontes de vitamina C, nenhuma exigência em relação a esta vitamina.

13.4.5 Diferenças entre os sucos e produtos similares

Diante das explicações sobre as diversas classificações para os sucos de fruta e similares, pode ser apresentado um quadro comparativo entre os diversos produtos, apresentando suas principais diferenças. Para facilitar a compreensão, foi escolhido o caju, já que esta fruta está presente no maior número de classificações possíveis.

Figura 1 – Quadro comparativo entre sucos e produtos similares de frutas tropicais



Fonte: Elaborada pelos autores.

É importante destacar que há diferenças entre o suco integral e o alto teor de polpa em relação ao conteúdo de sólidos. Em relação ao suco clarificado (cajuína), além das diferenças em relação ao conteúdo de sólidos, o processamento do produto é totalmente diferenciado em relação aos dois anteriores, gerando um produto de menor acidez, adstringência e conteúdo de vitamina C. Contudo, não há adição de açúcar e água em nenhum dos três produtos.

O refresco pode conter açúcar ou não em sua formulação. O conteúdo de vitamina C também decresce no sentido do suco integral para o refresco em função, principalmente, da redução do teor de polpa contido nos produtos.

Nas outras frutas tropicais também se observa o mesmo padrão de diferenciação entre os produtos, relacionado, principalmente, ao teor de polpa e adição de açúcar e água.

13.4.6 Polpa de fruta

As polpas de fruta são regulamentadas pelo Ministério da Agricultura, por meio da Instrução Normativa nº 49/2018 e da Instrução Normativa nº 37/2018.

É definida como sendo o produto não fermentado, não concentrado, não diluído, obtido de frutos polposos, por meio de processo tecnológico adequado, com um teor mínimo de sólidos totais, proveniente da parte comestível do fruto. O teor de sólidos de cada polpa é determinado em Padrão de Identidade e Qualidade específico.

A designação do produto é feita de duas formas: polpa de fruta simples (quanto originada de uma única fruta) e polpa de fruta mista (quando originada por mais de uma fruta). Na polpa de fruta simples, a denominação é feita apenas discriminando a polpa de origem, sem necessariamente apresentar a palavra “simples”. Na polpa de fruta mista, devem ser apresentados os nomes e as quantidades de cada fruto na composição, além da designação “polpa de fruta mista”.

A polpa de fruta é composta de frutas frescas, sãs e maduras com características físicas, químicas e sensoriais do fruto. A polpa deve estar isenta de sujidades, insetos e parasitas que possam comprometer sua qualidade.

A polpa de fruta destinada à industrialização de outras bebidas e não ao consumo direto poderá ser adicionada de aditivos químicos. Poderá ser adicionada de acidulantes, conservantes químicos e corantes naturais nos mesmos limites estabelecidos para sucos acidez (BRASIL, 2009).

A legislação de polpa de fruta traz como Padrões de Identidade e Qualidade os seguintes requisitos: sólidos solúveis ($^{\circ}\text{Bx}$ a 20 °C), pH, acidez total em ácido cítrico (g/100 g), açúcares totais naturais da fruta (g/100 g), sólidos totais (g/100 g) e, no caso de frutas fontes de vitamina C, traz ácido ascórbico (mg/100 mg), como se observa no Exemplo 10, extraído diretamente do Anexo da legislação.

Exemplo 10 – Padrões de identidade e qualidade de polpa de goiaba

REGULAMENTO TÉCNICO PARA FIXAÇÃO DOS PADRÕES DE IDENTIDADE E QUALIDADE PARA POLPA DE GOIABA		
1. DEFINIÇÃO: A polpa de goiaba é o produto definido no art. 19 do Decreto nº 6.871, de 2009, obtido da parte comestível da goiaba (<i>Psidium guajava</i> L.), por meio de processo tecnológico adequado.		
2. COMPOSIÇÃO: a polpa de goiaba deve obedecer às características de composição:		
	Min.	Máx.
Sólidos solúveis em °Bx a 20 °C	7,0	-
Sólidos totais (g/100 g)	7,5	-
pH	3,5	-
Acidez total expressa em ácido cítrico (g/100 g)	0,4	-
Ácido ascórbico (mg/100 mg)	24	-

Fonte: Brasil (2009).

A rotulagem do produto deve ser de acordo com a legislação para bebidas, assim como todos os alimentos também devem observar a rotulagem nutricional. No caso de produtos sem conservantes poderá ser incluída a expressão “sem conservador químico”.

Uma fruta com detalhamento especial na legislação de polpa é o açaí (BRASIL, 2018b). O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) é fruta típica da região norte do Brasil, contudo seu consumo tem sido popularizado em outras regiões e até mesmo internacionalmente. Uma das formas mais comuns de transporte do açaí para as demais regiões de consumo é na forma de extrato congelado, contudo a legislação abrange também outras formas de consumo denominadas de açaí (líquido denominado popularmente como vinho), açaí clarificado e açaí desidratado. Todas estas formas se referem ao produto pronto para o consumo ou após reconstituição.

O açaí, açaí desidratado e açaí clarificado são produtos obtidos da extração com água da parte comestível do fruto maduro das espécies vegetais: *Euterpe oleraceae* e *Euterpe precatoria* (açaí e açaí-açu, respectivamente).

A diferença entre os três produtos denominados na legislação está relacionada à quantidade de água empregada na extração e nas etapas posteriores de processamento. Partindo desta classificação temos:

Açaí: é a bebida obtida a partir da parte comestível do fruto extraída com adição de água e filtração, preservando a cor, aroma e o sabor característicos, além de quantidade mínima de compostos fenólicos antocianinas. A denominação açaí deve vir acompanhada do teor de sólidos totais. Estes sólidos não podem ser inferiores a 8%.

Açaí clarificado: é a bebida obtida a partir da parte comestível do açaí extraída com água e subsequente redução do nível de sólidos totais a valor igual ou inferior a 2%, por meio de processo tecnológico adequado, preservando a cor, o aroma, o sabor característico, além de quantidade mínima de antocianinas.

Açaí desidratado: é o produto obtido a partir da desidratação da parte comestível do açaí, previamente extraída com água, através de processo tecnológico adequado, devendo possuir concentração de sólidos totais superior a 96%, além de quantidade mínima de compostos fenólicos e antocianinas. Na denominação deve constar o percentual de sólidos totais.

Na elaboração do açaí desidratado podem ser utilizados maltodextrina, maltodextrina modificada, ou ambas, sendo de 20% o teor mínimo de sólidos totais de açaí no produto final.

Independente da classificação, todos os produtos devem ser obtidos de frutas sãs, frescas e maduras, desprovidas de terra, sujidades, parasitas, insetos e microrganismos que possam tornar o produto impróprio para o consumo. A água utilizada na extração deve ser potável dentro dos padrões de potabilidade estabelecidos em legislação própria.

Os padrões físico-químicos para os produtos de açaí incluem, além dos parâmetros mais comuns a outras polpas de fruta como pH, sólidos totais, açúcares totais e acidez totais, outros parâmetros específicos para este fruto como polifenóis totais e antocianinas.

Além dos parâmetros físico-químicos, devido a sua alta perecibilidade, o açaí também traz parâmetros de higiene e sanidade, além de padrões microbiológicos específicos em seu regulamento.

Exemplo 11 – Padrões microbiológicos para açaí, açaí clarificado e açaí desidratado

Parâmetro	Mínimo	Máximo
Contagem bolores e leveduras	–	10 ³ UFC/g
<i>Escherichia coli</i>	Ausente	
<i>Salmonella</i> sp	Ausente em 25 g	
<i>Staphylococcus aureus</i>	–	<10 ² /g
<i>Trypanossoma cruzi</i> viável	Não detectável em 25 g	

Fonte: Brasil (2018b).

Observa-se a indicação do agente *Trypanossoma cruzi* dentre os listados na legislação. A inclusão deste parasito se deu a partir da preocupação com o aumento dos casos de doença de Chagas associadas ao consumo de açaí. Recentemente, a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz) realizou estudos que despertou preocupações sanitárias acerca do produto.

O estudo realizado por Ferreira *et al.* (2018) partiu da análise de 140 amostras de alimentos à base de açaí comercializados em feiras e supermercados do Pará (entre 2010 e 2015) e do Rio de Janeiro (entre 2010 e 2012). A presença do material genético do *Trypanosoma cruzi*, parasito causador da doença de Chagas, foi detectada em 14 produtos, ou seja, 10% do total das amostras. O DNA do inseto que transmite o parasito – chamado de triatomíneo, popularmente conhecido como barbeiro – também foi identificado em uma das amostras.

É importante salientar que o açaí não é o único alimento associado à transmissão de doença de Chagas por via oral. Contudo, é notável a presença de casos de transmissão oral da doença na população da Região Norte. Segundo a Fiocruz (2018), os dados do Ministério da Saúde demonstram que, entre as notificações registradas de 2007 a 2016, cerca de 95% ocorreram na Região Norte, com 85% no estado do Pará, onde o consumo do suco fresco de

açai é um item tradicional da cultura alimentar. A higiene durante o processamento é um dos fatores mais importantes para evitar esta forma de transmissão, no caso do açai, já que é nesta fase que pode ocorrer a contaminação com o *Tripanossoma cruzi* por meio das fezes do barbeiro (vetor da doença).

Em 2008, a Anvisa lançou o Informe Técnico nº 35, de 19 de junho de 2008, que trata do Gerenciamento do Risco Sanitário na Transmissão de Doença de Chagas Aguda por Alimentos (ANVISA, 2019). Dentre as ações de higiene e sanidade para evitar a transmissão da doença associada ao açai destacam-se as seguintes:

Recomendações aos Processadores de Açai (Informe Técnico Anvisa 35/2008)

Colheita:

Retirar galhos, troncos e demais folhagens que possam contaminar o cacho de açai com insetos e outros animais.

O açai não deve ser disposto diretamente no chão.

Debulha:

Utilizar lona ou saco plástico de cor clara, quando estiver debulhando os frutos, para permitir a visualização de contaminantes.

Retirar todas as sujeiras e os insetos encontrados nos frutos.

Armazenamento:

Os frutos e outros produtos necessários ao processamento do açai devem ser armazenados em recipientes e/ou sobre paletes, estrados, prateleiras, confeccionados de material liso, resistente, impermeável e lavável, conservados, limpos e protegidos de contaminantes e do acesso de vetores e pragas (como produtos saneantes, água da chuva, insetos, animais domésticos e silvestres). Não devem ser armazenados em contato direto com o piso.

O local de armazenamento deve ser protegido, limpo e organizado, sem a presença de materiais em desuso para evitar criadouro de insetos.

Transporte:

Os veículos devem estar limpos, dotados de cobertura para proteção da carga e não devem transportar animais, produtos saneantes, produtos tóxicos ou outros contaminantes (como combustível, agroquímicos, adubos, dentre outros).

Os veículos devem manter a temperatura de conservação de alimentos processados, conforme recomendado pelo fabricante.

Os alimentos processados devem estar identificados com o nome, o local de origem, os dados do processador e a data do processamento.

Processamento do açaí:

Os processadores (indústrias ou batedores) devem adquirir frutos somente de fornecedores previamente cadastrados. Os cadastros devem conter, no mínimo, nome e endereço do fornecedor e identificação do local de origem da matéria-prima para facilitar o rastreamento.

O recebimento dos frutos para processamento deve ser realizado em local protegido, limpo, livre de objetos em desuso e estranhos ao ambiente.

Os frutos devem ser avaliados no ato de sua aquisição e na recepção para verificar as condições higiênico-sanitárias, a presença de vetores e pragas e/ou de seus vestígios, bem como de materiais contaminantes. Frutos em condições insatisfatórias devem ser rejeitados.

O local de processamento deve ser protegido para evitar o acesso de vetores e pragas.

O local de processamento deve ser limpo quantas vezes forem necessárias ao longo do trabalho e após o término das atividades.

A fonte de iluminação deve estar instalada distante dos equipamentos de extração do suco de açaí para evitar a contaminação acidental por vetores.

Os utensílios e as superfícies dos equipamentos e dos móveis que entram em contato com o açaí devem ser de material liso, impermeável, lavável, de fácil limpeza e resistentes à corrosão. Devem estar em adequado estado de funcionamento, conservados e limpos para serem utilizados. Devem ser limpos e protegidos após o uso, a fim de minimizar a contaminação dos alimentos e bebidas.

Os equipamentos de extração do suco de açaí devem dispor de meios de proteção que evitem o acesso de vetores e pragas, quando aplicável. Quando do desuso, os equipamentos devem estar protegidos.

Os frutos devem ser selecionados para retirada de unidades deterioradas, vetores, pragas, sujidades e outras matérias estranhas antes do processamento.

Os frutos devem ser lavados e desinfetados antes do preparo. Antes da utilização das polpas industrializadas, deve-se efetuar a limpeza das embalagens.

O suco de açaí pronto para o consumo deve ser protegido de contaminações, inclusive por vetores, pragas e animais domésticos.

A água utilizada no preparo do suco de açaí deve ser potável. Onde não há acesso à água corrente, ela deve ser transportada e armazenada em recipiente apropriado, de fácil limpeza e fechado. O suprimento de água deve ser suficiente para atender às necessidades da manipulação. A água não deve ser reutilizada.

O gelo utilizado no preparo dos alimentos e bebidas deve ser fabricado com água potável e em condições higiênico-sanitárias satisfatórias. Deve ser transportado e armazenado de forma a evitar a sua contaminação. Os utensílios utilizados para o consumo de açaí devem estar limpos e armazenados em local protegido. Nas unidades de comercialização de alimentos que não dispõem de água corrente, os utensílios devem ser descartáveis.

Os resíduos devem ser frequentemente coletados e estocados em lixeiras com tampas e quando aplicável em área específica para esse fim, de forma a evitar focos de contaminação e atração de vetores e pragas.

Os ornamentos e as plantas localizados na área de consumo não devem constituir fonte de contaminação para os alimentos e bebidas prontos para consumo.

Higiene Pessoal dos Manipuladores de Alimentos:

Os manipuladores devem:

Ter asseio pessoal, não usar adornos, usar cabelos presos e protegidos, utilizar vestimenta apropriada, conservada e limpa.

Lavar cuidadosamente as mãos sempre que se fizer necessário.

Ter hábitos higiênicos para não contaminar o alimento durante o preparo.

Ser capacitados em higiene pessoal, manipulação higiênica dos alimentos e doenças transmitidas por alimentos.

A instrução normativa nº 37/2018 do MAPA ainda reforça a necessidade de tratamento térmico como garantia da qualidade do açaí produzido. O fruto açaí deve ser submetido a processo tecnológico adequado com aplicação de calor para a inativação de enzimas e diminuição da carga microbiológica, como processo de branqueamento do fruto a, no mínimo, 80 °C por dez segundos e processo de pasteurização do açaí a, no mínimo, 80 °C por dez segundos.

13.4.7 Frutas tropicais preservadas pela adição de açúcar (doces, geleias, compotas, frutas cristalizadas), derivados de coco (leite de coco e coco ralado) e frutas secas ou desidratadas e outros produtos de fruta

As frutas preservadas por açúcar tais como doces, geleias, compotas, frutas cristalizadas, bem como os produtos derivados do coco, especificamente o leite de coco e o coco ralado, possuíam legislação específica para cada produto, mas, atualmente, são regulados todos em conjunto pela Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005, da Anvisa que apresenta o Regulamento Técnico para Produtos de Vegetais, Produtos de Frutas e Cogumelos Comestíveis. Este regulamento revogou todos os regulamentos e portarias referentes a estes produtos anteriormente em vigor.

Por este regulamento, os produtos de frutas são definidos como produtos elaborados a partir de fruta(s) inteira(s) ou em parte(s) e/ou semente(s), obtidos por secagem e/ou desidratação, e/ou laminação, e/ou cocção, e/ou fermentação, e/ou concentração, e/ou congelamento, e/ou outros processos tecnológicos considerados seguros para a produção de alimentos. Podem ser apresentados com ou sem líquido

de cobertura e adicionados de açúcar, sal, tempero, especiaria e/ou outro ingrediente, desde que não descaracterize o produto. Podem ser recobertos (BRASIL, 2005).

Dessa forma, a definição engloba diversos produtos e, não havendo definições específicas como pH, teor de sólidos solúveis e acidez, por exemplo, a qualidade dos produtos finais pode se diferenciar apenas por critérios estabelecidos pelas indústrias processadoras. Contudo, o fato de os produtos de frutas apresentarem Padrões de Identidade e Qualidade, todos compreendidos em uma mesma legislação, torna o controle de qualidade mais ágil, já que, anteriormente, uma indústria que processava produtos de uma mesma categoria como doces, compotas e geleias, tinha que ficar atento a um regulamento técnico para cada produto.

Os produtos de frutas deverão ser designados por denominações já consagradas pelo uso (doce, geleia, compota...) seguidas de expressões relativas aos ingredientes que caracterizam o produto como, por exemplo, doce de caju, compota de goiaba, coco ralado adoçado etc.

A designação também pode ser seguida de expressões relativas ao processo de obtenção e/ou forma de apresentação, e/ou característica específica como, por exemplo, coco queimado, doce de caju em calda, compota de caju etc.

Em relação aos requisitos específicos a serem observados, dentre os produtos de frutas, somente as frutas secas ou desidratadas apresentam referência específica: devem apresentar umidade máxima de 25% (g/100 g) com exceção das frutas tenras (BRASIL, 2005).

A utilização de aditivos em frutas secas como acidulantes, antioxidantes, antiulectantes, conservantes e umectantes é permitida, desde que utilizada dentro dos limites estabelecidos em legislação (BRASIL, 2013).

Os padrões microbiológicos para frutas secas, desidratadas ou liofilizadas são ausência de *Salmonella* em 25 g, contagem máxima de 10^2 *E. coli*/g e 10^4 Bolores e leveduras/g (BRASIL, 2019).

A Resolução RDC nº 8, de 6 de março de 2013, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária, dispõe sobre o uso de aditivos alimentares

permitidos para doces de frutas, o que inclui a permissão de uso de acidulantes, antiespumantes, aromatizante natural, conservante, corante, espessante, estabilizante, gelificante e umectante. A legislação estabelece quais aditivos de cada categoria podem ser utilizados, assim como os limites máximos permitidos,

Para doces em pasta ou massa e similares (incluindo geleias e doces em calda), os padrões microbiológicos estabelecidos são ausência de *Salmonella* em 25 g, limite máximo de 10^2 para Enterobacteriaceae/g e limite máximo de 10^4 para contagem de bolores e leveduras/g (BRASIL, 2019).

Para o leite de coco, a RDC nº 8, de 6 de março de 2013, dispõe sobre a aprovação de uso de aditivos alimentares, sendo permitido o uso de acidulantes, antioxidantes, conservantes, emulsificantes, espessantes e estabilizantes específicos e em concentrações máximas preestabelecidas.

Atualmente a legislação que rege o leite de coco não traz em detalhes a classificação do produto, mas comercialmente o leite de coco é encontrado na versão tradicional com alto teor de gordura (25%) e *light* com teor de gordura reduzido (12%).

Em relação aos padrões microbiológicos para coco ralado (BRASIL, 2019), faz-se necessária a análise microbiológica de *Salmonella* (Ausência/25g) e *E. coli* (contagem máxima permitida 10^2 /g). Para leite de coco, a mesma Instrução Normativa estabelece como padrões microbiológicos análise de *Salmonella* (Ausência/25 ml), Enterobacteriaceae e bolores e leveduras (contagem máxima de 10^2 /ml).

No Brasil, as amêndoas de castanha-de-caju são regulamentadas pela Instrução Normativa nº 2, de 6 de fevereiro de 2017, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRASIL, 2017). Apresentam como padrão microbiológico a ausência de *Salmonella*/25g e contagem máxima de 10^2 *E. coli*/g (BRASIL, 2019).

Os requisitos gerais para produtos de frutas devem estar em concordância com os seguintes critérios: devem ser obtidos, processados, embalados, armazenados, transportados e conservados em condições

que não produzam, desenvolvam e/ou agreguem substâncias físicas, químicas ou biológicas que coloquem em risco a saúde do consumidor. Deve ser obedecida a legislação vigente de Boas Práticas de Fabricação (BRASIL, 2005).

Também devem atender aos regulamentos técnicos específicos de Aditivos Alimentares e Coadjuvantes de Tecnologia de Fabricação; Contaminantes; Características Macroscópicas, Microscópicas e Microbiológicas; Rotulagem de Alimentos Embalados; Rotulagem Nutricional de Alimentos Embalados; Informação Nutricional Complementar, quando houver; e outras legislações pertinentes.

13.4.8 Água de coco

A água de coco, diferentemente do leite de coco e do coco ralado, é regulamentada pelo Ministério da Agricultura por meio da Instrução Normativa nº 27, de 22 de julho de 2009, que estabelece os procedimentos mínimos de controle higiênico-sanitário, padrões de identidade e características mínimas de qualidade gerais para a água de coco (BRASIL, 2009b).

Deve-se também deixar claro que, de acordo com a reunião do *Codex Alimentarius*, a água de coco foi considerada adequada à definição de suco de fruta, podendo, com isso, ser regularizada dentro do regulamento técnico destes produtos.

Pela definição do Ministério da Agricultura, a água de coco pode ser definida como: a água de coco é a bebida não diluída, não fermentada, obtida da parte líquida do fruto do coqueiro (*Cocos nucifera* L.), por meio de processo tecnológico adequado (BRASIL, 2009a). A partir desta definição, a água de coco apresenta diversas classificações: in natura, esterilizada, congelada, resfriada, concentrada e desidratada. Estas classificações podem ser designadas, conforme descrito no Quadro 1.

Quadro 1 – Designação e definições da legislação para água de coco de acordo com seu processo tecnológico de obtenção

Classificação	Designação
Água de coco resfriada	é o produto envasilhado logo depois de ser extraído e, sem descontinuidade, submetido a um processo adequado de resfriamento;
Água de coco esterilizada	é o produto submetido a um processo adequado de esterilização;
Água de coco congelada	é o produto submetido a um processo adequado de congelamento, podendo ou não ser pasteurizado;
Água de coco pasteurizada	é o produto submetido a um processo adequado de pasteurização e posterior resfriamento;
Água de coco concentrada	é o produto submetido a um processo adequado de concentração cujo teor de sólidos solúveis, medidos em graus °Bx, seja de, no mínimo, seis inteiros e setenta e cinco centésimos;
Água de coco desidratada	é o produto submetido a um processo adequado de desidratação cujo teor de umidade seja igual ou inferior a três por cento;
Água de coco reconstituída	é o produto submetido a um processo adequado de reidratação, a partir da água de coco concentrada ou desidratada, atendendo padrões de identidade e qualidade designados na IN27/2009 e as seguintes características: Poderá ser reconstituída com água potável e água de coco, ou ambas, e apenas na quantidade suficiente para atingir as características estabelecidas na IN27/2009; Para a obtenção da água de coco reconstituída, deverá ser adotado o procedimento tecnológico de uma das seguintes classes de produto: água de coco resfriada, pasteurizada, congelada ou esterilizada.

Fonte: Brasil (2009b).

Na composição do produto, temos como componente obrigatório a própria água de coco, e como constituintes opcionais é permitida a adição de açúcares exclusivamente para correção e padronização do °Bx do produto, em quantidade não superior a 1,0 g/100 ml. Também podem ser adicionadas, desde que obedecendo à legislação específica, algumas vitaminas.

Os requisitos básicos para água de coco compreendem características sensoriais e físico-químicas.

De acordo com os requisitos sensoriais, a água de coco deve se apresentar com a cor característica do produto, sabor levemente adocicado, aroma próprio e com a aparência de um líquido variando de transparente a translúcido. A presença de pequena quantidade de partículas sobrenadantes da polpa do coco não desqualifica o produto. A água de coco poderá ser adicionada de gás carbônico purificado industrialmente, recebendo, neste caso, a denominação “gaseificada”.

Em relação ao acondicionamento, além dos critérios de qualidade para as embalagens utilizadas nos produtos, a temperatura de acondicionamento também é um fator importante e abordado. A água de coco esterilizada é a única que pode ser comercializada à temperatura ambiente, devido ao seu processo tecnológico de obtenção. Após aberto o produto deve ser consumido imediatamente.

A água de coco congelada deve ser mantida e comercializada sob congelamento à temperatura mínima de -10 °C. O consumidor deve observar as instruções da embalagem relativas ao descongelamento do produto na hora do consumo. A água de coco resfriada deve ser mantida à temperatura de refrigeração, até um máximo de 5 °C.

Os aditivos químicos utilizados no produto tais como acidulantes, conservantes e antioxidantes são os mesmos utilizados nos sucos de fruta, com exceção dos aromatizantes.

O produto também deve obedecer aos critérios de higiene estabelecidos pelas Boas Práticas de Fabricação e a empresa processadora deve possuir um Plano de Gerenciamento das Boas Práticas de Fabricação, atendendo à legislação.

Quanto à estocagem e à seleção da matéria-prima, o estabelecimento manipulador de água de coco deverá adotar, de forma complementar às demais exigências legais, os seguintes procedimentos:

I – os frutos deverão ser examinados quanto à sua integridade e sanidade, sendo descartados aqueles que apresentarem injúrias, manchas ou perfurações causadas por insetos, outras pragas ou utensílios;

II – os frutos deverão ser lavados com água potável com boa pressão, a fim de retirar as sujidades provenientes da lavoura e, em sequência, deverão ser sanitizados conforme preconizam as Boas Práticas de Fabricação (não se aplica para água de coco esterilizada);

III – os frutos, depois de selecionados e sanitizados, deverão ser estocados em ambiente com controle higiênico-sanitário, mantido permanentemente limpo, seco e ventilado, a fim de se evitar a contaminação cruzada dos mesmos, conforme preconizam as Boas Práticas de Fabricação (não se aplica para água de coco esterilizada).

Quanto aos pisos e ao sistema de drenagem, o estabelecimento manipulador de água de coco deverá obedecer, de forma complementar às demais exigências legais, às seguintes características:

I – os pisos devem ser resistentes, impermeáveis, não absorventes, laváveis, antiderrapantes e sem falhas ou rachaduras e, ainda, permanentemente limpos e livres de restos de frutos ou outros resíduos, e possuir declividade suficiente para uma perfeita drenagem das águas de lavagem; e

II – o sistema de drenagem das águas de lavagem, as canaletas e os ralos devem ser de fácil limpeza e estarem permanentemente limpos.

Quanto aos equipamentos e aos utensílios, o estabelecimento manipulador de água de coco deverá obedecer às seguintes características:

I – os equipamentos e tanques utilizados na estocagem e processamento dos frutos e da água de coco devem ser construídos de material que não ofereça perigo à inocuidade da matéria-prima e do produto em processamento;

II – todos os equipamentos e utensílios utilizados no processamento devem ser limpos e desinfetados antes do início da produção, conforme as Boas Práticas de Fabricação;

III – o equipamento utilizado para perfurar ou cortar o fruto deve ser constituído de material que não ofereça perigo à inocuidade do produto a ser extraído e ser construído de forma que permita uma perfeita e constante assepsia; e

IV – os equipamentos fixos devem ser instalados de forma a permitir fácil acesso para que sejam realizadas limpezas completas.

No envase da água de coco, todas as etapas devem ser realizadas sem atrasos e sob condições higiênico-sanitárias que impeçam a possibilidade de contaminações, deteriorações ou o desenvolvimento de microrganismos patogênicos. Os padrões microbiológicos para água de coco são descritos a seguir:

Parâmetros	Mínimo	Máximo
Soma de bolores e leveduras	–	20 UFC/ml
Escherichia coli ou coliformes termotolerantes	–	1 UFC/ml
Salmonella SP	Ausente em 25 ml	

Em relação aos critérios de rotulagem, além de seguir os estabelecidos pela legislação específica de rotulagem nutricional para água de coco, a legislação traz as seguintes observações:

Deve conter orientações visíveis e legíveis sobre a conservação, armazenamento e consumo do produto, assim como informações sobre o perigo à saúde, caso não sejam observadas as orientações;

Podem ser utilizadas expressões como: “contém naturalmente sais minerais”, ou expressões semelhantes;

Pode ser utilizada a expressão “natural”, desde que não tenha sido adicionado de aditivos.

Exemplo 12 – Padrões de Identidade e Qualidade para água de coco

Parâmetro	Água de coco resfriada, pasteurizada e congelada		Água de coco esterilizada		Água de coco concentrada		Água de coco desidratada		Água de coco reconstituída	
	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.	Mín.	Máx.
pH	4,30	4,50	4,60	5,40	–	–	4,30	–	4,30	–
Sólidos solúveis (°Bx a 20 °C)	–	6,70	–	6,70	6,75	–	4,50	6,70	4,50	6,70
Potássio (mg/100 g)	140,00	230,00	140,00	230,00	210,00	–	140,00	230,00	140,00	230,00
Sódio (mg/100 g)	2,00	30,00	2,00	30,00	3,00	–	2,00	30,00	2,00	30,00

Fonte: Elaborada a partir da IN27/2009.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Decreto Lei nº 986, de 21 de outubro de 1969. Institui normas básicas sobre alimentos. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Poder Executivo Brasília, DF, 22 out. 1969.

BRASIL. Ministério da Saúde Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. *Informe Técnico – nº 35, de 19 de junho de 2008*. Gerenciamento do Risco Sanitário na Transmissão de Doença de Chagas Aguda por Alimentos. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=2775185&_101_type=content&_101_groupId=33916&_101_urlTitle=informe-tecnico-n-35-de-19-de-junho-de-2008&inheritRedirect=true Acesso em: 3 ago. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 6.871, de 4 de junho de 2009. Regulamenta a Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994, que dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 jun. 2009a. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 27, de 22 de julho de 2009. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 jul. 2009b. Seção I.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas, autoriza a criação da Comissão Intersetorial de Bebidas e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 15 jul. 1994. Seção 1, p. 10661.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 12, de 4 de setembro de 2003. Aprovar o Regulamento Técnico para Fixação dos Padrões de Identidade e Qualidade Gerais

para Suco Tropical; os Padrões de Identidade e Qualidade dos Sucos Tropicais de Abacaxi, Acerola, Cajá, Caju, Goiaba, Graviola, Mamão, Manga, Mangaba, Maracujá e Pitanga; e os Padrões de Identidade e Qualidade dos Néctares de Abacaxi, Acerola, Cajá, Caju, Goiaba, Graviola, Mamão, Manga, Maracujá, Pêssego e Pitanga. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 9 set. 2003.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 37, de 1º de outubro de 2018. Estabelece os parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas e a listagem das frutas e demais quesitos complementares aos padrões de identidade e qualidade. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 out. 2018b. Seção 1, p. 23, Edição 194.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018. Fica estabelecida em todo o território nacional a complementação dos Padrões de Identidade e Qualidade de Suco e Polpa de Fruta, na forma desta Instrução Normativa. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 nov. 2018a. Seção 1, Edição 187.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 24 dez. 2019. Disponível em: <http://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-60-de-23-de-dezembro-de-2019-235332356>. Acesso em: 13 ago. 2019.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 2, de 6 de fevereiro de 2017. Fica estabelecido o Regulamento Técnico da Amêndoa da Castanha-de-Caju, definindo o seu padrão oficial de classificação, com os requisitos de identidade e qualidade, a amostragem, o modo de apresentação e a marcação ou rotulagem, nos aspectos referentes à classificação do produto. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 7 fev. 2017.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. *Resolução – RDC nº 8, de 6 de março de 2013*. Dispõe sobre a

aprovação de uso de aditivos alimentares para produtos de frutas e de vegetais e geleia de mocotó. 2013. Disponível em: http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2013/rdc0008_06_03_2013.html. Acesso em: 20 ago. 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Resolução de Diretoria Colegiada – RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. *Diário Oficial da União*, Poder Executivo, Brasília, DF, 23 set. 2005.

FERREIRA, R. T. B. *et al.* Detection and genotyping of *Trypanosoma cruzi* from açai products commercialized in Rio de Janeiro and Pará, Brazil. *Parasites & Vectors*, n. 11, v. 233, p. 2-11, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1186/s13071-018-2699-6>. Acesso em: 7 ago. 2019.

FUNDAÇÃO OSVALDO CRUZ – Fiocruz. *Método detecta parasito da doença de Chagas em açai*. Disponível em: <https://portal.fiocruz.br/noticia/metodo-detecta-parasito-da-doenca-de-chagas-em-acai>. Acesso em: 3 ago. 2019.

Visite nosso site:
www.imprensa.ufc.br



Av. da Universidade, 2932 – Benfica, CEP: 60020-181
Fortaleza – Ceará – Brasil
Fone: (85) 3366.7485 / 7486
imprensa@proplad.ufc.br

As frutas têm mostrado uma crescente importância como parte essencial de uma dieta saudável. As recomendações mostram que devem ser ingeridas várias porções de frutas e hortaliças por dia. Em busca da praticidade desse consumo e da diversidade de oferta de produtos, o processamento de frutos tornou-se prática corriqueira. Neste livro são abordados aspectos interessantes em relação à industrialização das frutas no formato de vários produtos de interesse comercial. As informações apresentadas pelos autores são importantes para estudantes, professores, técnicos da indústria e outros profissionais que trabalham com processamento de frutas. O conteúdo teórico é acompanhado de exemplificações de processos industriais de diversos métodos tradicionais e não convencionais de preservação de frutas, com ênfase em frutas tropicais.

ISBN 978-85-7485-467-0

