



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

KARLA IDELÇA AIRES MACHADO

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO DE DESPELICULAGEM DE
AMÊNDOAS DE CASTANHA DE CAJU TIPO “DURÃO” COM VAPORES ÁCIDOS
E SALINO**

**FORTALEZA
2013**

KARLA IDELÇA AIRES MACHADO

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO DE DESPELICULAGEM DE AMÊNDOAS DE
CASTANHA DE CAJU TIPO “DURÃO” COM VAPORES ÁCIDOS E SALINO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, com requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Área de Concentração: Produtos de Origem Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Claudio Ernani Mendes da Silva

**FORTALEZA
2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- M131d Machado, Karla Idelça Aires.
Desenvolvimento de um método de despêliculamento de amêndoas de castanha de caju tipo “durão” com vapores ácidos e salino / Karla Idelça Aires Machado. – 2013.
62 f. : il., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2013.
Área de Concentração: Ciência e Tecnologia de Produtos de Origem Vegetal.
Orientação: Prof. Dr. Claudio Ernani Mendes da Silva.
1. Anacardium occidentale L. 2. Produtos agrícolas - Processamento. 3. Tecnologia de alimentos. I. Título.

KARLA IDELÇA AIRES MACHADO

**DESENVOLVIMENTO DE UM MÉTODO DE DESPELICULAGEM DE
AMÊNDOAS DE CASTANHA DE CAJU TIPO “DURÃO” COM VAPORES ÁCIDOS
E SALINO**

Dissertação submetida à Coordenação do Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Área de concentração em Ciência e Tecnologia de Alimentos de Origem Vegetal.

Aprovada em ___/___/_____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Claudio Ernani Mendes da Silva
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof^a. Dra. Lucicléia Barros de Vasconcelos Torres
Universidade Federal do Ceará - UFC

Prof. Dr. Frederico José Beserra
Universidade de Fortaleza - UNIFOR

*Aos meus pais, irmãos, sobrinhos e a meu esposo,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ser a razão de tudo, por sempre determinar o meu destino.

A Universidade Federal do Ceará, através do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela oportunidade de aprimorar meus conhecimentos.

A diretoria da Companhia Industrial de Óleos do Nordeste(CIONE)-em especial ao Dr. Bruno Vaz Pires- pela permissão concedida para que pudéssemos testar em sua planta industrial nossa metodologia desenvolvida.

Aos Engenheiros de Alimentos Gilnei de Lima Pereira e Saulo Sales Lemos da CIONE, pela especial atenção dada ao nosso projeto, desde o fornecimento das amêndoas a elaboração e montagem dos equipamentos para os ensaios. Sem a generosa ajuda deles, nosso trabalho não teria sido concluído.

A CAPES, pelo apoio financeiro concedido através de bolsa de mestrado.

Ao professor Claudio Ernani Mendes da Silva, pelos ensinamentos, por acreditar sempre seria possível apesar das dificuldades e pelo grande apoio.

A professora Lucicléia Barros de Vasconcelos Torres, pelas sugestões e por sempre está disponível.

A todos os professores do Departamento de Tecnologia de alimentos/UFC, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários do Laboratório de Cereais, Rejane e Augusto, pela ajuda a qualquer problema e a qualquer hora.

As bolsistas de graduação do Laboratório de Cereais, Liliane, Raiane e Vivian, pela ajuda na condução dos trabalhos de pesquisa.

A minha amiga, Márcia Facundo Aragão, pelo apoio, pela presença constante, pelos desabafos nas horas mais difíceis e pela inestimável amizade.

A todos os colegas da pós-graduação, pela amizade e companheirismo sempre presentes.

Aos meus pais, Idelval Holanda Machado e Maria das Graças Aires Machado, pelo exemplo de vida e por lutar pelo melhor para seus filhos.

Aos meus irmãos e irmã, Antônio Dimas Aires Machado, Humbelino Aires Machado e Denice Aires Machado, pelo carinho, incentivo e amizade.

Aos meus sobrinhos, Yasmin Alves Aires Machado, Yasnaia Alves Aires Machado e Hian Gonçalves Coelho Aires Machado, pela alegria e descontração que causam em todos os nossos encontros.

Aos meus sogros João Vieira Diniz e Ana Oliveira Diniz pelo carinho, compreensão e apoio.

As minhas cunhadas e cunhados, Neidma Alves Moreira, Ariadenes Gonçalves Coelho, Ângela Oliveira Diniz, Rosângela Oliveira Diniz, João Carlos Oliveira Diniz, Gilberto Oliveira Diniz e Francisco Rogilson Oliveira Diniz, pela amizade, carinho e confiança sempre demonstrados.

A meu esposo, Fábio Oliveira Diniz, por sempre acreditar na minha capacidade, pela paciência, pelos conselhos, pelo amor e companheirismo.

Àqueles, que por ventura não tenham sido citados, mas que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Um dos maiores problemas atuais da indústria de beneficiamento de castanha de caju, são as amêndoas que necessitam de re-despeliculagem, as amêndoas do tipo “durão”, despeliculadas manualmente, ou com vapor convencional, tendo como inconvenientes a baixa produtividade de raspagem e o escurecimento das amêndoas, fatores depreciativos de preço. Para solucionar esse problema, inicialmente foram realizados em nível de laboratório, ensaios de tratamento de amêndoas despeliculadas e com películas de diâmetro médio $\varnothing = 1,68$ mm, com vapores provenientes de soluções de ácido tartárico (1%; 2% e 3%), ácido málico (1%; 3% e 5%), cloreto de potássio (1%, 2% e 3%) e água nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos. Foram quantificados nos condensados dos vapores, provenientes do tratamento da película, os compostos fenólicos totais e pigmentos hidrossolúveis. Os compostos fenólicos totais também foram quantificados nos vapores após os tratamentos das amêndoas despeliculadas. Nas amêndoas despeliculadas foram determinados a concentração de hidroximetilfurfural (HMF) e a cor instrumental. Neste estudo, além de quantificar os constituintes já citados, foi de extrema importância o entendimento acerca da forma como ocorre o escurecimento na superfície das amêndoas, via reação de Maillard e pela interação dos pigmentos extraídos com esses vapores. Os resultados mostraram que os menores teores de pigmentos solúveis, fenólicos totais extraídos da película e a menor formação de hidroximetilfurfural nas amêndoas ocorreram nos tratamentos com ácido tartárico 1,0% - 1,0 minuto; ácido málico - 1% - 1,0 minuto; cloreto de potássio 2,0% - 1 minuto e água - 1,0 minuto. Foi avaliado também o despeliculamento e a quebra em escala industrial nas amêndoas durão com película aplicando esses vapores citados, nos tempos e concentrações mencionados, mostrando os seguintes valores para as porcentagens de despeliculagem e quebra, respectivamente: ácido málico: 50,24 - 28,37; ácido tartárico: 56,78 - 20,99; cloreto de potássio: 56,52 - 23,15 e água: 50,43 - 24,12. A análise colorimétrica das amêndoas tratadas com vapor de ácido tartárico a 1% - 1 min. mostrou que esta fonte de vapor, foi a que apresentou melhores resultados em todos os parâmetros (L^* , a^* e b^*), quando comparadas as amêndoas padrão tipo 01 tratadas com vapor de água. Os resultados mostraram ainda que é mais vantajoso usar vapor de ácido tartárico em vez de vapor de água para aumentar o rendimento de despeliculagem e reduzir a quebra das amêndoas de castanha de caju tipo “durão”.

Palavras-Chave: beneficiamento, despeliculamento, película, hidroximetilfurfural, escurecimento

ABSTRACT

One of the biggest challenges that faces the cashew nut processing industries today, is the kernels that needs to peel again, called durao kernels, manually peeled- with a low peeling yield or peeled with conventional water steam - which causes a noticeable browning, decreasing its commercial value. To solve this problem, were performed initially on a laboratory scale, peeled kernels and skin ($\varnothing = 1,68$ mm) from kernels were treated with steams from tartaric acid 1,0;2,0;3,0% ; malic acid 1,0;3,0;5,0 % ; potassium chloride 1,0;2,0 3,0% and water during 1,2,3,4 and 5 minutes. Was measured the condensed steam, from treatment of the skin, total phenolics and water soluble pigments. The total phenolics were also measured in the steams after treatment of peeled kernels. In kernel peeled, concentration hydroxymethylfurfural (HMF) and instrumental color, was determined. In this study, in addition to measuring the constituents already mentioned, was extremely important to the understanding of how browning occurs on the surface of kernels, the Maillard reaction and the interactions of the extracted pigments with their steams. The results showed that the lowest concentration of soluble pigments, total phenolics extracted from the skin and less formation of hydroxymethylfurfural in kernels occurred in treatment with tartaric acid 1,0% - 1,0 minute; malic acid 1,0% - 1,0 minute; potassium chloride 2,0% - 1,0 minute and water - 1,0 minute. The peeled and breaking on an industrial scale in kernels durao with skin applying these steams cited in times and concentrations mentioned, showing the following values for the percentages of peeling and breaking, was determined respectively - malic acid: 50,24 - 28,37; tartaric acid: 56,78 - 20,99; potassium chloride: 56,52 - 23,15 and water: 50,43 - 24,12. From the peeled kernel colorimetric analysis (L^* , a^* , b^*) after treatments with the four steams in the times above mentioned, tartaric acid 1,0% - 1,0 minute showed the best values when compared with the colour parameter of the kernel exportation 01- standard. The results still showed that is more profitable to use tartaric acid steam instead of water steam to increase peeling yield and reduce kernel durao breaking.

Key words: processing, peeling, skin, hydroxymethylfurfural , browning

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE APÊNDICES

1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1 Castanha de caju	15
2.2 Amêndoa da castanha de caju (ACC)	16
2.3 Beneficiamento da castanha de caju.....	16
2.4 Amêndoa do tipo “durão”	18
2.5 Classificação da amêndoa da castanha de caju	18
2.6 Compostos fenólicos totais	20
2.7 Pigmentos hidrossolúveis.....	21
2.8 Reações de Maillard	22
2.9 Parâmetros colorimétricos.....	22
3 MATERIAIS E MÉTODOS	24
3.1 Materiais.....	24
a) Matéria Prima	24
b) Descrição dos ensaios	24
3.2 Métodos.....	25
3.2.1 Caracterização das amêndoas, parcialmente despeliculadas (durão) e sem películas	25
a) Umidade	25
b) Cinzas.....	25
c) Proteínas totais.....	26
d) Lipídios totais	26
e) Carboidratos totais	26
3.2.2 Determinação de compostos fenólicos	26
3.2.3 Determinação de pigmentos hidrossolúveis	26
3.2.4 Determinação de hidroximetilfurfural.....	27
3.2.5 Análise da cor instrumental	27

3.2.6	Determinação da eficiência do processo	27
3.2.7	Análises estatísticas.....	28
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1	Determinações físico-química	29
4.1.1	Compostos fenólicos totais	29
4.1.2	Pigmentos hidrossolúveis	34
4.1.3	Hidroximetilfurfural	37
4.1.4	Cor instrumental.....	40
4.1.5	Grau de despelculagem, porcentagem de quebra e qualificação da cor das amêndoas do tipo “durão” em escala industrial	49
5	CONCLUSÕES	51
	REFERÊNCIAS	53
	APÊNDICES	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Cores no sistema CIELAB	23
Figura 2 - Protótipo Operacional: utilizado para medir a concentração dos pigmentos extraídos da película e na superfície das amêndoas de castanha de caju, após o tratamento com ácido tartárico, cloreto de potássio, ácido málico - em várias concentrações e tempos de exposição das amostras.	25
Figura 3 - Equipamento proposto para despelicular amêndoas de castanha de caju tipo durão	28
Figura 4 - Variação dos teores dos compostos fenólicos totais (mg ácido gálico/100g) nos condensados da película (A) e da amêndoa de castanha de caju despeliculada (B) extraídos com vapor de água durante tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.....	30
Figura 5 - Variação dos compostos fenólicos totais (mg AG/mL) nos condensados da película (A) e da amêndoa de castanha de caju despeliculada (B) extraídos com vapor de cloreto de potássio nos tempos 1,2, 3, 4 e 5 minutos e nas concentrações 1%, 2% e 3%.....	31
Figura 6 - Variação dos compostos fenólicos totais (mg AG/mL) nos condensados da película (A) e da amêndoa de castanha de caju despeliculada (B) extraídos com vapor de ácido málico nos tempos 1,2, 3, 4 e 5 minutos e nas concentrações 1%, 3% e 5%.	32
Figura 7 - Variação dos compostos fenólicos totais (mg AG/mL) nos condensados das películas e das amêndoas de castanha de caju despeliculadas extraídos com vapor de ác.tartárico nos tempos 1,2, 3, 4 e 5 minutos e nas concentrações 1%, 2% e 3%.	33
Figura 8 - Variação da concentração dos pigmentos hidrossolúveis nos condensados das películas de castanha de caju extraídos com vapores de cloreto de potássio (1%, 2% e 3%), ácido málico (1%, 3% e 5%) e ácido tartárico (1%; 2% e 3%) e água nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.	35
Figura 9 - Variação de hidroximetilfurfural da amêndoa de castanha de caju despeliculada em função dos vapores de cloreto de potássio (1%, 2% e 3%), ácido málico (1%, 3% e 5%) e ácido tartárico (1%; 2% e 3%) e água nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.....	38
Figura 10 - Variação dos compostos fenólicos totais (mg AG/mL) nos condensados da amêndoa despeliculada (A) e da película (B) de castanha de caju em função das fontes de vapor.....	44
Figura 11 - Variação dos pigmentos hidrossolúveis nos condensados da película de castanha de caju em função das fontes de vapor.....	46
Figura 12 - Variação de hidroximetilfurfural na amêndoa de castanha de caju despeliculada em função das fontes de vapor.	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição centesimal das amêndoas de castanha de caju (ACC) parcialmente (tipo “durão”) e totalmente despelculadas.	29
Tabela 2 - Comportamento de L^* , a^* e b^* na amêndoa de castanha de caju do tipo despelculada em função de vapor de água nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.	41
Tabela 3 - Comportamento de L^* , a^* e b^* na amêndoa de castanha de caju despelculada em função do vapor de cloreto de potássio - KCl (1%, 2% e 3%) nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.....	42
Tabela 4 - Comportamento de L^* , a^* e b^* na amêndoa de castanha de caju despelculada em função do vapor de ácido málico (1%, 3% e 5%) nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.....	42
Tabela 5 - Comportamento de L^* , a^* e b^* na amêndoa de castanha de caju despelculada em função do vapor de ác.tartárico (1%, 2% e 3%) nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.....	43
Tabela 6 - Comportamento de L^* , a^* e b^* na amêndoa de castanha de caju despelculada em função das fontes de vapor (Padrão, água por 1 min.; cloreto de potássio a 2% por 1 min.; ácido málico a 5% por 1 min. e ácido tartárico a 1% por 1 min.).	48
Tabela 7 - Grau de despelculagem e porcentagem de quebra na amêndoa de castanha de caju do tipo “durão” em função das fontes de vapor (água por 1 min.; cloreto de potássio a 2% por 1 min.; ácido málico a 5% por 1 min. e ácido tartárico a 1% por 1 min.).	49
Tabela 8 - Comportamento de L^* , a^* e b^* na amêndoa de castanha de caju do tipo “durão” despelculada em função da fonte de vapor (Padrão, água por 1 min.; cloreto de potássio a 2% por 1 min.; ácido málico a 5% por 1 min. e ácido tartárico a 1% por 1 min.) em escala industrial.....	50

LISTA DE APÊNDICES

APÊNDICE A - Análise de variância dos dados de compostos fenólicos, hidroximetilfurfural (HMF), luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) em amêndoas de castanha de caju do tipo “durão” submetidas a diferentes fontes de vapor.....	61
APÊNDICE B - Análise de variância dos dados de compostos fenólicos e pigmentos hidrossolúveis (pigmentos) em películas de amêndoas de castanha de caju do tipo “durão” submetidas a diferentes fontes de vapor.....	62

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o terceiro maior produtor de castanha de caju, onde ocorre um amplo domínio dos estados do Nordeste, com destaque para o Ceará, tendo uma participação de mais da metade da produção total, aproximadamente 168 mil toneladas, Piauí com produção de 66 mil toneladas e Rio Grande do Norte com 54 mil toneladas aproximadamente. Assim concentra-se no Nordeste praticamente 100% da produção da castanha de caju em todo o Brasil (IBGE, 2012).

Nos últimos sete anos a produção brasileira de castanha de caju, por questão de ordem climática, tem apresentado comportamento sazonal. O crescimento em decorrência de aplicação de novas tecnologias ou até mesmo de aumento de área é pouco significativo. Contudo, considerando anos de clima normal, pode-se afirmar que a média de produção de castanha de caju, in natura, no Brasil, oscila entre 220 e 240 mil toneladas (CONAB, 2012; IBGE, 2012).

Compreendendo as safras de 2007 a 2011, houve forte retração nas exportações nos anos de 2008 e 2011, em função dos seguintes fatores: a) crise econômica e financeira mundial que afetou o comércio de produtos em todo o mundo e b) forte quebra de safra de castanha no Brasil, haja vista as adversidades do clima na Região Nordeste do país. Os EUA, principal importador que em média adquiria cerca de 60% de toda castanha exportada pelo Brasil reduziram as compras em cerca de 50%. O Canadá, que participava com 7,2% do montante, diminuíram as importações em 60,2% (CONAB, 2012).

Para a obtenção da amêndoa se faz necessário que ocorra o beneficiamento da castanha de caju, ou seja, o processamento industrial que visa principalmente à obtenção de amêndoas inteiras, totalmente despêculadas, de coloração alva ou marfim-pálida, sem mancha e de bom tamanho (EMBRAPA, 2006). Tendo como o principal item de custo deste beneficiamento a despêculagem da amêndoa, podendo alcançar até 40% dos custos do processo (IICA, 2009).

No beneficiamento da castanha de caju com operações mecanizadas pode-se obter até 70% de amêndoas totalmente sem película, sendo o restante submetido ao processo de raspagem manual com auxílio de facas de despêculagem. Mas entre estes 30%, existe um tipo de amêndoa, denominada amêndoa “*durão*”, amêndoas com película fortemente aderida, que necessitam sofrer uma re-despêculagem com vapor ou manualmente acarretando um problema no beneficiamento, já que os custos da raspagem manual são dispendiosos e de

baixa produtividade e um novo tratamento com vapor escurece a amêndoa influenciando negativamente no seu valor comercial (PAIVA; NETO, 2004; LIMA, E.D, 2009).

Sendo este escurecimento causado principalmente por processos não enzimáticos produzidos pela reação de Maillard entre os açúcares redutores e os grupos aminos livres causando a formação de pigmentos marrom e preto, bem como alterações no odor e sabor (TORIBIO, J.L.; LOZANO, J.E., 1984; REYNOLDS, T.M., 1963, 1965; IBARZ, A. et al., 1989a,b; BABSKEY et al., 1986). Medida instrumental da cor e a determinação do teor de hidroximetilfurfural são importantes no controle do escurecimento com o tempo de reação (IBARZ, A. et al., 2006).

O hidroximetilfurfural é o produto intermediário na formação de pigmentos marrons durante a reação de Maillard, entre hexoses e componentes amino, que ocorrem durante o processamento e armazenamento de alimentos (ASKAR, A. 1984; LEE, H. S.; NAGY, S, 1990).

A obtenção de amêndoas totalmente despeliculadas e sem absorção do Líquido da Castanha de Caju (LCC) representam um grande desafio hoje na indústria de beneficiamento de amêndoas de castanha de caju. Além do problema na despeliculagem mecânica, as amêndoas tornam-se quebradiças em função de seu baixo teor de umidade (3,0%) ao saírem das estufas (6,0 horas - 70°C). A quebra de amêndoas inteiras na despeliculagem pode chegar a 25 – 30%, levando-se em conta que algumas delas, antes dessa operação, só permanecem inteiras devido à proteção da película (OHLER, 1979).

Para solucionar esses problemas, faz-se necessário conhecer mais detalhadamente como acontece esse escurecimento da amêndoa “durão” durante seu processamento com o vapor, mais especificamente, a contribuição do escurecimento via reação de Maillard e por interação direta dos pigmentos da película com os componentes da amêndoa, quantificando a ação individual de vários tipos de vapores provenientes de ácidos e sais nesse escurecimento.

Com este conhecimento, pode-se propor bases de um processo tecnológico adequado que obtenha um alto rendimento de despeliculagem e um baixo índice de quebra das amêndoas, fazendo com que a amêndoa “durão” possa ganhar em valor comercial próximo ou até mesmo igual ao da amêndoa tradicional. E com isso contribuir com informações de interesse para a indústria de beneficiamento da castanha de caju, já que é limitado o acesso da amêndoa “durão” a um mercado de maior valor agregado devido ao seu escurecimento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Castanha de caju

Castanha de caju, nativa do Brasil, foi introduzida cerca de dois séculos na região de Goa da Índia, tornando-se um dos principais produtores e exportadores de castanha de caju, representando por quase 50% da exportação mundial. A castanha de caju é um produto agrícola extremamente importante no comércio do Brasil, onde cultivo de caju ocupa 758.000ha estimados, com uma produção de castanha de caju em 229.000 toneladas / ano. Assim, a produção da castanha de caju tem uma importância social e econômica em muitos países incluindo Brasil, Índia, Indonésia, e alguns países africanos (TROX, J. *et al*, 2010; IBGE, 2012).

A indústria de beneficiamento da castanha de caju representa o principal item da pauta de exportação agropecuária cearense, sendo o principal produtor e processador de castanha de caju do Brasil. Responde por 45% da produção de castanha *in natura* nordestina e por 73% do volume processado em todo o Nordeste. No período de 2000–2005, o valor médio da receita bruta com a comercialização da amêndoa no mercado interno foi de R\$ 72 milhões enquanto a geração de divisas para o Estado do Ceará, no mesmo período, alcançou o patamar de US\$ 150 milhões (~ R\$ 372 milhões) com o comércio de amêndoa de castanha do caju (ADECE, 2011; FRANÇA, *et al.*, 2008) .

A castanha de caju é constituída de três partes distintas: casca, película e amêndoa. A casca que representa de 65% a 70% do peso da castanha, é constituída por um epicarpo coriáceo, dotado de um mesocarpo esponjoso, cujas cavidades são preenchidas por um líquido viscoso, cáustico, facilmente inflamável e de cor escura – LCC (líquido da casca da castanha). A película, ou tegumento da amêndoa, constitui cerca de 3% do peso da castanha, é rica em taninos, que representam 25% do peso da película (LIMA, 1988), sendo também constituída por aproximadamente 14% de extrato etéreo (MAIA *et al.*, 1981). A amêndoa corresponde a parte comestível da castanha, formada por dois cotilédones de cor marfim e integra de 30% do seu peso, porém com apenas 21% de rendimento no processo industrial. (PAIVA *et al.*, 2006).

2.2 Amêndoa da castanha de caju (ACC)

A amêndoa da castanha de caju constitui-se num dos principais produtos de utilização do cajueiro. É rica em proteínas, lipídios, carboidratos, fósforo e ferro, além de zinco, magnésio, proteínas, fibras e gordura insaturada (ANDRADE NETO, 2006; GAZZOLA *et al.*, 2006). Sua qualidade pode ser definida como um conjunto de características sensoriais tais como, gosto, cor, cheiro e homogeneidade morfológica. Nesse caso, atributos como tamanho, integridade física do produto, cor e sabor são relevantes na determinação das preferências do consumidor final (ARANGO, O., 1994).

Para a obtenção da amêndoa, faz-se necessário a quebra da castanha de caju, submetendo-a a um processamento industrial adequado com a finalidade de obter amêndoas inteiras, totalmente despeliculadas, de coloração alva ou marfim-pálida, sem mancha e de bom tamanho (PAIVA *et al.*, 2006). Existe dois segmentos para o mercado dessas amêndoas, um, com a exigência acima descrita e o outro, com menos exigências em relação à qualidade, que utiliza os tipos quebrados, tostados ou manchados como insumos de produtos de confeitaria e padaria, com baixo custo de produção (ANDRADE NETO, 2006).

2.3 Beneficiamento da castanha de caju

O processo de beneficiamento da castanha pode ser feito principalmente por três métodos: manual, semi-mecanizado e mecanizado. O que determina a diferença entre os processos é na verdade a tecnologia utilizada na decorticação da castanha (FIGUEIREDO *et al.*, 1997). Inicialmente antes da escolha do processo de decorticação, a castanha de caju passa pelos seguintes processos de beneficiamento: colheita e descastanhamento, secagem, limpeza, classificação, armazenamento e cozimento. Após esses processos é que ocorre a etapa de decorticação, classificada em manual, semi-mecanizada e mecanizada (ARAÚJO, 2005).

No processo manual e mecanizado tradicional as castanhas com casca são cozidas no seu próprio líquido (LCC), depois secas para serem submetidas ao processo de quebra por impacto. No processo manual, a quebra individual das castanhas é realizada com o uso de pedaços de madeira ou metal para a quebra individual das castanhas e no processo mecanizado, as castanhas são arremessadas contra um disco especial em alta rotação (decorticadoras) onde ocorre o impacto e conseqüentemente ruptura da casca. No processo semi-mecanizado as castanhas são autoclavadas (cozinhas no vapor), estufadas e depois

seguem para a quebra semi-manual da casca, com uso de maquinetas com acionamento manual (USAID, 2006; PAIVA *et al.*, 2006; ARAÚJO, 2005).

No Brasil, através do processo mecânico industrial, obtém-se uma média de 1000 caixas de 22,68 kg por dia, porém com um baixo rendimento em termos de amêndoas inteiras, cerca de 60-65%. As máquinas são fabricadas por empresas inglesas e italianas, embora já existam metalúrgicas no Ceará que fabriquem o mesmo tipo de máquina, com poucas modificações. O processo semi-mecanizado quebra 250 kg de castanhas por dia com um rendimento em termos de amêndoas inteiras, de 95% (FIGUEIREDO *et al.*, 1997).

O processo semi-mecanizado, característico em unidades fabris conhecidas como mini-fábricas, produz uma amêndoa diferenciada e de melhor qualidade, porém sua eficiência e produtividade são baixas, não chegando a competir nem em custo e nem em escala de produção com a indústria que adota o processo mecanizado. A competitividade das mini-fábricas de castanha em comparação com o corte mecanizado, que produz amêndoas em maior escala e menor custo, está na obtenção de amêndoas inteiras no final do processo, onde as mini-fábricas chegam a superar em até 40%, quando comparado apenas o atributo de integridade física (PAIVA; NETO, 2004).

Após a decorticação, segue com o principal item de custo do beneficiamento da castanha, a despeliculagem da amêndoa. Como a amêndoa de castanha de caju torna-se exposta às condições ambientais e assim mais susceptíveis a sofrer depreciações, os custos de processo podem aumentar até 40% (IICA, 2009).

A operação de despeliculagem pode ser realizada em cilindro rotativo acionado por motor elétrico de baixa rotação em que as amêndoas são submetidas ao atrito em tela perfurada promovendo a liberação parcial da película. Na despeliculagem com mesa, utiliza-se estrutura de madeira ou chapa galvanizada dotada com tela de metal em que as castanhas são submetidas a um atrito, por meio da escova de cerdas, até a obtenção da amêndoa parcialmente sem película. Em qualquer uma dessas operações pode-se obter até 70% de amêndoas totalmente sem película, o restante é submetido ao processo de raspagem manual com auxílio de facas de despeliculagem. Em minifábricas, a despeliculagem é feita por operários, com simples torção de dedos, conseguindo separar a película da amêndoa (GOMES, 2010).

Diante das dificuldades existentes no processamento da ACC, torna-se um grande desafio na indústria de beneficiamento obter uma ACC totalmente despeliculada e sem absorção do LCC.

2.4 Amêndoa do tipo “durão”

Após o beneficiamento da castanha de caju, 70% das amêndoas estão totalmente sem película, o restante, ainda contém uma película residual fortemente aderida. Tais amêndoas são denominadas amêndoas “durão” e são re-despeliculadas manualmente ou com vapor (PAIVA; NETO, 2004; LIMA, E.D, 2009; TREVAS FILHO, 1979).

Observa-se que existem poucos estudos sobre a amêndoa “durão” e seu escurecimento, apesar deste ser um grande problema nas indústrias de beneficiamento da castanha de caju, onde os custos da raspagem manual são dispendiosos e de baixa produtividade e o tratamento novamente com vapor escurece a amêndoa influenciando negativamente no seu valor comercial.

Lima (2009) avaliou a eficiência do método de despeliculamento destas amêndoas, com aplicação do frio e do uso do ultra-som para a remoção das películas, possibilitando a obtenção de uma amêndoa isenta de película e manchas e com baixos índices de quebra. A análise dos tratamentos de congelamento em conjunto com ultra-som em comparação com a análise do controle utilizando três tempos de congelamento sem o uso do ultra-som demonstrou que a presença do ultra-som favorece positivamente para a remoção da película da amêndoa, respondendo com mais de 90% de despeliculagem, apesar de não haver no presente estudo análises físico-químicas que relacionem as características da amêndoa com o seu escurecimento em cada tratamento recomendado.

Estudando o despeliculamento de amêndoas de castanha de caju tipo “durão” com uma enzima proteolítica Gadelha e Silva (2012) observaram que o tratamento de amêndoas durão com COROLASE 7089, uma enzima proteolítica comercial, quando utilizada no seu pH e temperatura ótimos na presença de cloreto de cálcio 0,5N, promove o despeliculamento com vantagem sobre o processo convencional com vapor úmido, embora cause um escurecimento considerável nas amêndoas tratadas.

2.5 Classificação da amêndoa da castanha de caju

Segundo a Association of Food Industries - AFI, após o beneficiamento, as amêndoas são classificadas basicamente pelo tamanho, integridade e cor. A classificação é feita pelas empresas beneficiadoras de acordo com os critérios estabelecidos pelo importador. Segundo o tamanho das amêndoas (relação da quantidade em 453,59g, equivalente a uma libra) estas podem ser classificadas em classes conforme descrito a seguir (AFI, 1999).

- I - inteira: constituída de amêndoas inteiras;
- II - banda (S): constituída de cotilédones inteiros, incluindo aqueles com fratura transversal em até 1/8 (um oitavo) do seu tamanho original;
- III - batoque (B): constituída de amêndoas com fratura transversal em um ou em ambos os cotilédones, com dimensão superior a 3/8 (três oitavos) e inferior a 7/8 (sete oitavos) do tamanho original da amêndoa;
- IV - pedaço: constituída de pedaços de amêndoas de tamanhos variados;
- V - grânulo (G): produto que vazar na peneira de malha 8 (oito) ou 2,36 mm (dois vírgula trinta e seis milímetros), e que ficar retido na peneira de malha 10 (dez) ou 1,70 mm (um vírgula setenta milímetros) de abertura, confeccionada em fio 24 SWG;
- VI - xerém (X): produto que vazar na peneira de malha 10 (dez) ou 1,70 mm (um vírgula setenta milímetros), e que ficar retido na peneira de malha 14 (quatorze) ou 1,19 mm (um vírgula dezenove milímetros), confeccionada em fio 26 SWG; e
- VII - farinha (F): produto que vazar na peneira de malha 14 (quatorze) ou 1,19 mm (um vírgula dezenove milímetros), confeccionada em fio 26 SWG (BRASIL, 2009).

A amêndoa da castanha de caju será classificada em tipos, definidos em função da cor da amêndoa e dos limites máximos de tolerâncias de defeitos previstos na Instrução Normativa, observando o que segue com relação à cor (BRASIL, 2009):

- ✓ Tipo 1 (primeira qualidade): amêndoas de cor alva ou marfim pálido;
- ✓ Tipo 2 (segunda qualidade): amêndoas de cor marfim fechada ou ligeiramente amarelada;
- ✓ Tipo 3 (terceira qualidade): de cor creme ou ligeiramente tostada, podendo ser ainda ligeiramente arroxeadas;
- ✓ Tipo 4 (quarta qualidade): constituído de amêndoas com cor idêntica à dos tipos 1 e 2, admitindo-se pontos pretos (brocadas) ou pequenas manchas em um ou em ambos os cotilédones;
- ✓ Tipo 5 (quinta qualidade): constituído de amêndoas inteiras, com coloração variada, podendo ser amareladas, acentuadamente brocadas, tostadas ou arroxeadas, admitindo-se também, amêndoas manchadas, imaturas e cortadas.

2.6 Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos são originados do metabolismo secundário das plantas, sendo essenciais para o crescimento e reprodução dos vegetais, além de atuarem como agente antipatogênico e contribuírem na pigmentação (SHAHIDI e NACZK, 1995a; NACZK e SHAHIDI, 2004). Quimicamente, são definidos como substâncias que possuem anel aromático com um ou mais substituintes hidroxílicos, incluindo seus grupos funcionais e geralmente apresentam propriedades antioxidantes (MELO e GUERRA, 2002; LEE *et al.*, 2005).

Componentes fenólicos também são importantes devido a contribuição destes para a qualidade sensorial de frutas (coloração e sabor, inclusive adstringência e amargor) que pode ser afetado durante os processos tecnológicos usados para produção de alimentos de origem vegetal (GIL *et al.*, 1995). Os mais importantes metabólitos fenólicos são os ácidos fenólicos (ácidos hidroxibenzoicos e hidroxicinâmicos), os polifenóis e os flavanóides (ANJO, 2004).

Os ácidos fenólicos caracterizam-se por terem um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula, conferindo propriedades antioxidantes para os vegetais (SOARES, 2002). Os polifenóis são descritos como substâncias adstringentes e geralmente tem como principal característica a tendência de formar complexos com proteínas, polissacarídeos e alcalóides (BAXTER *et al.*, 1997).

O principal grupo de polifenóis são os taninos, que são responsáveis pela adstringência de muitos frutos (por exemplo, o caju) e outros produtos vegetais. Causam a precipitação de glucoproteínas salivares, ocasionando a perda do poder lubrificante (MONTEIRO *et al.*, 2005).

Os flavonóides compõem uma ampla classe de substâncias de origem natural, cuja síntese não ocorre na espécie humana (LOPES *et al.*, 2003). Quimicamente, englobam as antocianinas e os flavonóis. As antocianinas são pigmentos solúveis em água, amplamente difundidas no reino vegetal e conferem as várias nuances de cores laranja, vermelha e azul encontradas em frutas (FRANCIS, 1989). Os flavonóis são pigmentos de cores branca ou amarelo claro, encontrados nesses alimentos, que podem também atuar na co-pigmentação das antocianinas (BOBBIO e BOBBIO, 1995).

Nas nozes, os compostos fenólicos cuja concentração é significativa, estão localizados tanto nas amêndoas (~ 20%) quanto nas suas películas (~80%) Kornsteiner, *et al.*

(2006) formando uma barreira protetora para os cotilédones (DUENAS *et al.*, 2003; DUENAS; HERNANDEZ; ESTRELA, 2004, 2006).

Em estudo realizado por Trevisan *et al.* (2006) foram caracterizados compostos fenólicos em produtos oriundos do caju, sendo detectado elevado conteúdo de alquilfenóis e ácidos anacárdicos na castanha de caju, principalmente no LCC, conferindo ao produto significativa capacidade antioxidante. Kamath e Rajini (2007), ao estudar o extrato da película que envolve a amêndoa de castanha de caju, demonstraram que as epicatequinas presentes, encontradas em maior quantidade, apresentam elevado potencial para ser usado como antioxidante natural.

Uma das finalidades da quantificação dos compostos fenólicos em alimentos de origem vegetal é avaliar o potencial de escurecimento, durante ou após o processamento, e a possibilidade de comunicar adstringência no seu sabor (FILGUEIRAS, ALVES e MOURA, 2000).

2.7 Pigmentos hidrossolúveis

Os principais pigmentos responsáveis pela coloração dos vegetais são os carotenoides (insolúveis em água), antocianinas e as clorofilas (FERNANDES e SOUZA, 2001; CHITARRA e CHITARRA, 2005). Os carotenóides estão presentes nos ésteres de xantofila e caroteno, responsáveis pela cor amarela do fruto maduro; as clorofilas são os pigmentos responsáveis pela cor verde, transformando-se facilmente em feofitina de cor marrom, quando submetida ao aquecimento (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Depois da clorofila, as antocianinas são o maior e mais importante grupo de pigmentos hidrossolúveis do reino vegetal (HARBORNE e GRAYER, 1988; BRIDLE e TIMBERLAKE, 1997). Estes pigmentos são glicosídeos que apresentam em sua estrutura química um resíduo de açúcar na posição 3, facilmente partido por aquecimento com HCl 2N. Como produtos desta quebra obtém-se o componente glicídico e a aglucona, denominadas antocianinas (VOLP *et al.*, 2008).

As antocianinas são compostos da família dos flavonóides e constituem grupo de pigmentos responsáveis por grande parte das cores em flores, frutas, sementes, cascas, folhas, caules e raízes de plantas (MARKAKIS, 1982). Esses pigmentos conferem diferentes tonalidades de cor, oscilando entre vermelho, laranja e roxo, de acordo com o pH, encontradas

nos vegetais (BROUILLARD,1983). São compostos solúveis em água e sensíveis ao calor (SHAHIDI e NACZK, 1995a).

2.8 Reações de Maillard

A reação de Maillard envolve uma série de reações que se inicia com a combinação entre o grupamento carbonila de um aldeído, cetona ou açúcar redutor, com o grupamento amino de um aminoácido, peptídio ou proteína, em meio preferencialmente alcalino, na presença de água e calor. Há complexação da carbonila com o amino, formando uma base, o que acelera a reação, com formação imediata do composto mais estável e cíclico, a glicosilamina N substituída. Que recebe prótons e os doa. Devido a isomerização recebe o nome de rearranjo de Amadori levando a 1-amino, 1-deoxi, 2-cetose, N substituída, havendo o desprendimento de CO₂ e formação de redutonas e de hidroximetilfurfural. Quando o monossacarídeo de partida é uma aldose,o rearranjo experimentado recebe a denominação de rearranjo de Amadori e quando o monossacarídeo inicial é uma cetose,rearranjo de Heyns. Ao final da reação, há formação de substâncias heterocíclicas (pirróis, imidazois, piridinas e pirazinas), podendo ocorrer condensações aldólicas e polimerização de aminoaldeídos. Os produtos intermediários,polimerizam-se formando polímeros insaturados coloridos (GAVA *et al.*, 2008; DAMASCENO, 2007).

O final da reação de Maillard consiste na condensação de compostos amino e fragmentos de açúcar polimerizado em proteína e pigmentos castanhos, chamado de melanoidinas (M. A. J. S. VAN BOEKEL, 1998). Esta reação em alimentos ocorre durante o processamento térmico e durante a armazenagem, acarretando frequentemente consequências negativas, como mudanças de cor e formação de compostos voláteis (CARABASA-GIRIBET E IRBARZ-RIBAS, 2000).

Deve-se observar que o escurecimento é, provavelmente, a característica mais notável da reação de Maillard. A cor produzida, a sua intensidade e as propriedades do produto final da reação são fortemente dependentes da natureza dos reagentes e das condições de reação, especialmente do valor de pH e da temperatura (DAMASCENO, 2007).

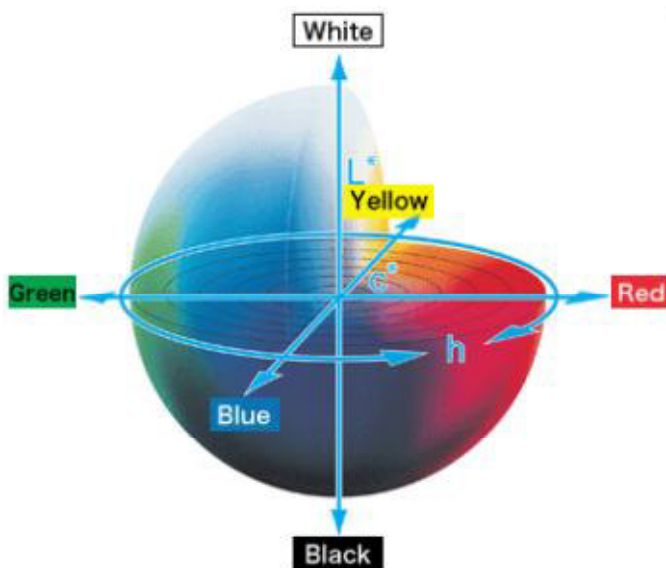
2.9 Parâmetros colorimétricos

As cores são percebidas em faixa específica do espectro eletromagnético com diferentes comprimentos de onda. A cor de um material é determinada pelas médias de

frequência dos pacotes de onda que as suas moléculas constituintes refletem. Uma cor é determinada através da não absorção dos raios correspondentes à sua frequência.

Definido pela *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE) em 1976, os parâmetros de cores L^* a^* b^* (também conhecido como CIELAB) tem ampla utilização na medida da cor dos alimentos. O parâmetro L^* indica luminosidade, enquanto que o a^* e o b^* representam as coordenadas cromáticas. A Figura 1 mostra o diagrama de cromaticidade a^* b^* , onde o $+ a^*$ indica a direção do vermelho; $- a^*$, a direção do verde; $+ b^*$, a direção do amarelo e $- b^*$, a direção do azul, sendo o centro acromático (KONICA MINOLTA, 1998; CMDMC, 2007).

Figura 1 – Cores no sistema CIELAB



Fonte: Minolta (2007).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Materiais

a) Matéria Prima

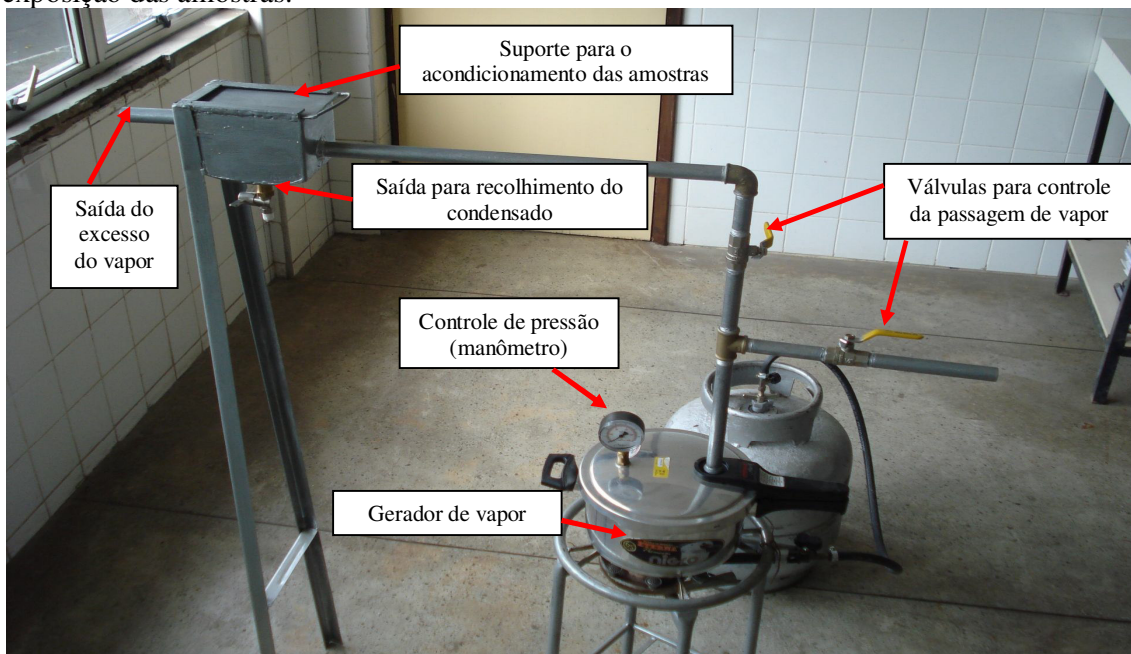
Amêndoas de castanha de caju inteiras sem película, parcialmente despeliculadas (amêndoas durão) e películas, gentilmente fornecidas por uma indústria local de beneficiamento de castanha de caju (CIONE). Todo esse material, foi acondicionado em sacos de polietileno, selado e armazenado à temperatura ambiente para a realização dos experimentos.

b) Descrição dos ensaios

Com a finalidade de medir o grau de extração dos compostos capazes de causar escurecimento por interação com as proteínas na superfície das amêndoas presentes na película e da contribuição do escurecimento não enzimático (hidroximetilfurfural) nas amêndoas sem película com os vapores provenientes de soluções de ácido tartárico (1,0%;2,0% e 3,0%), cloreto de potássio (1,0%;2,0% e 3,0%) e ácido málico (1,0%; 3,0% e 5,0%), tendo vapor de água como referência nos tempos de exposição de 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 minutos, foi construído um protótipo operacional descrito na Figura 2.

Os vapores das substâncias citadas foram produzidos no gerador de vapor e conduzidos até o suporte para o acondicionamento das amostras, onde parte era condensado e parte liberado na saída do excesso de vapor. Nos condensados dos vapores de cada substância nas concentrações e tempos acima mencionados, após o tratamento das películas, foram feitas determinações de pigmentos solúveis em água e compostos fenólicos; e nas amêndoas despeliculadas, compostos fenólicos, hidroximetilfurfural e cor instrumental.

Figura 2 - Protótipo Operacional: utilizado para medir a concentração dos pigmentos extraídos da película e na superfície das amêndoas de castanha de caju, após o tratamento com ácido tartárico, cloreto de potássio, ácido málico - em várias concentrações e tempos de exposição das amostras.



FONTE: Autora (2013)

3.2 Métodos

3.2.1 Caracterização das amêndoas, parcialmente despelculadas (durão) e sem películas

a) Umidade

Conforme metodologia descrita na A.O.A.C., 1996a.

b) Cinzas

Em forno mufla a 550°C, até a obtenção de peso constante conforme A.O.A.C., 1996b.

c) Proteínas totais

Através do método de micro-Kjeldahl (A.O.A.C., 1995a) que consiste na determinação do nitrogênio total. Para conversão do resultado em percentual de proteína bruta foi utilizado o fator de 6,25.

d) Lipídios totais

Foram determinados utilizando-se o extrador de Soxhlet e hexano como solvente de acordo com metodologia descrita em A.O.A.C., 1995b.

e) Carboidratos totais

Determinados pela diferença entre 100% e somatório dos percentuais de umidade, cinzas, proteínas e lipídios totais.

3.2.2 Determinação de compostos fenólicos

De acordo com a metodologia descrita pela A.O.A.C., 1995b, com pequenas modificações, utilizando-se o ácido gálico como referência na curva padrão. Foi tomado 2,5 ml da amostra para um balão volumétrico de 50 mL, adicionado de 2,5 ml do reagente de Folin-Ciocalteau (1:3), de 5 mL de solução saturada de carbonato de sódio e completado o volume com água destilada. Após 30 minutos de agitação foi realizada a leitura da absorbância em espectrofotômetro à 760nm e o resultado expresso em mg de ácido gálico (AG)/100g de amostra.

3.2.3 Determinação de pigmentos hidrossolúveis

Segundo a metodologia descrita pela A.O.A.C, 2005. Tomava-se 20 mL da amostra, adicionava-se 10 mL de solução saturada de cloreto de sódio; 0,5mL de ácido clorídrico p.a. e 10 mL de metilpropilcetona, agitando-se por 15 minutos. Em seguida, esta solução era transferida para um funil de separação, deixando-a em repouso por 1 hora. A camada orgânica era filtrada em papel de filtro quantitativo, media-se seu volume e

determinava-se sua absorvância em espectrofotômetro à 430nm. Os resultados foram expressos em Unidades de Cor.

3.2.4 Determinação de hidroximetilfurfural

De acordo com o método oficial 962.19 descrito na A.O.A.C. (2005), com modificações no preparo da amostra: no lugar de 5g da amostra foi pesado 15g, esta amostra foi triturada, misturada com 30 ml de água destilada e com as soluções de Carrez I e II, centrifugada a 4000 x g por 10 minutos. O sobrenadante foi filtrado para um balão de 25 ml, completado o volume com água e lido a absorvância em 284 e 336 nm. Os resultados foram expressos em mg de HMF/100g da amostra.

3.2.5 Análise da cor instrumental

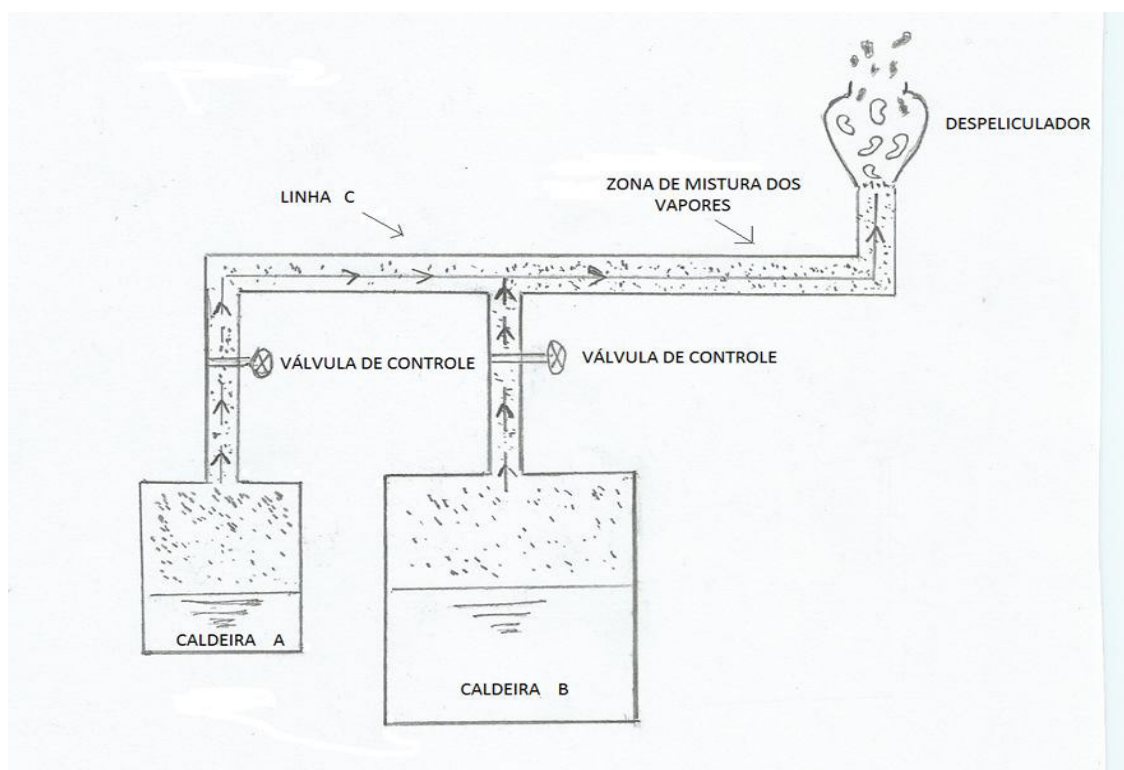
A medida da cor foi efetuada em colorímetro digital MINOLTA (Osaka, Japão) - modelo CR-300, no sistema CIELAB (CIE, 1986), com iluminante D 65. No sistema colorimétrico CIELAB, definido por L*, a*, b*, a coordenada L* corresponde à luminosidade, e a* e b* referem-se às coordenadas verde (-) / vermelho (+) e azul (-) / amarelo (+), respectivamente.

3.2.6 Determinação da eficiência do processo

Para medir a eficiência do processo de despeliculagem proposto, foram determinadas numa amostra de amêndoas “durão” de peso conhecido, após as operações de despeliculagem em escala industrial com bateladas de 20,0 Kg no equipamento descrito na Figura 03, as porcentagens de despeliculagem e de quebra, utilizando-se os vapores das substâncias nas concentrações e tempos de tratamentos (água por 1 min., cloreto de potássio a 2,0% - 1 minuto, ácido málico 5,0% - 1 minuto e ácido tartárico 10% 1 minuto) , que extraíram as menores porcentagem de compostos solúveis em água e compostos fenólicos na película; e na amêndoa- produziram o menores teores de hidroximetilfurfural, extraíram os menores teores de compostos fenólicos e causaram os menores escurecimentos medidos instrumentalmente, tendo como referência a cor instrumental determinada em amêndoas exportação tipo 1.

No desenho do equipamento mostrado na Figura 03, os vapores produzidos a partir das soluções usadas nos ensaios de despeliculagem foram gerados na caldeira A, utilizando-se o dobro das concentrações usadas nos ensaios no equipamento da Figura 02, sendo misturados com vapor de água produzido na caldeira B, de forma a manter as concentrações das substâncias usadas na despeliculagem. Em seguida foram dirigidos para o despeliculador, através da linha C. Para garantir a estabilidade das concentrações das soluções no despeliculador, as pressões de vapor nas linhas A e B, foram equalizadas ($\sim 3,0 \text{ Kgf/cm}^2$).

Figura 3 - Equipamento proposto para despelicular amêndoas de castanha de caju tipo durão



FONTE: Autora (2013)

3.2.7 Análises estatísticas

Os dados obtidos nas avaliações foram submetidos aos testes de normalidade (Teste de Lillifors), homogeneidade de variâncias residuais entre os tratamentos (Teste de Cochran), às análises de variâncias e comparações entre médias pelo teste de Tukey a 5% utilizando-se o programa computacional ASSISTAT versão 7.6 (SILVA e AZEVEDO, 2002).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Determinações físico-química

Na tabela 1 pode ser observada a composição centesimal das amêndoas de castanha de caju parcial (ACC tipo “durão”) e totalmente despelculadas. Valores semelhantes aos resultados do presente estudo foram encontrados por Cavalcante (2010), Lima (2004), USDA (2009), Venkatachalan e Sathe (2006) e Kornsteiner *et al.* (2006).

Tabela 1 – Composição centesimal das amêndoas de castanha de caju (ACC) parcialmente (tipo “durão”) e totalmente despelculadas.

Amostra	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteínas (%)	Lipídios (%)	Carboidratos (%)
ACC parcialmente despelculada	4,07±0,29*	2,51±0,31*	17,11±0,27*	45,31±1,66*	31,26±1,86*
ACC totalmente despelculada	4,75±0,03*	2,44±0,21*	23,74±0,03*	48,54±1,3*	20,53±1,6*

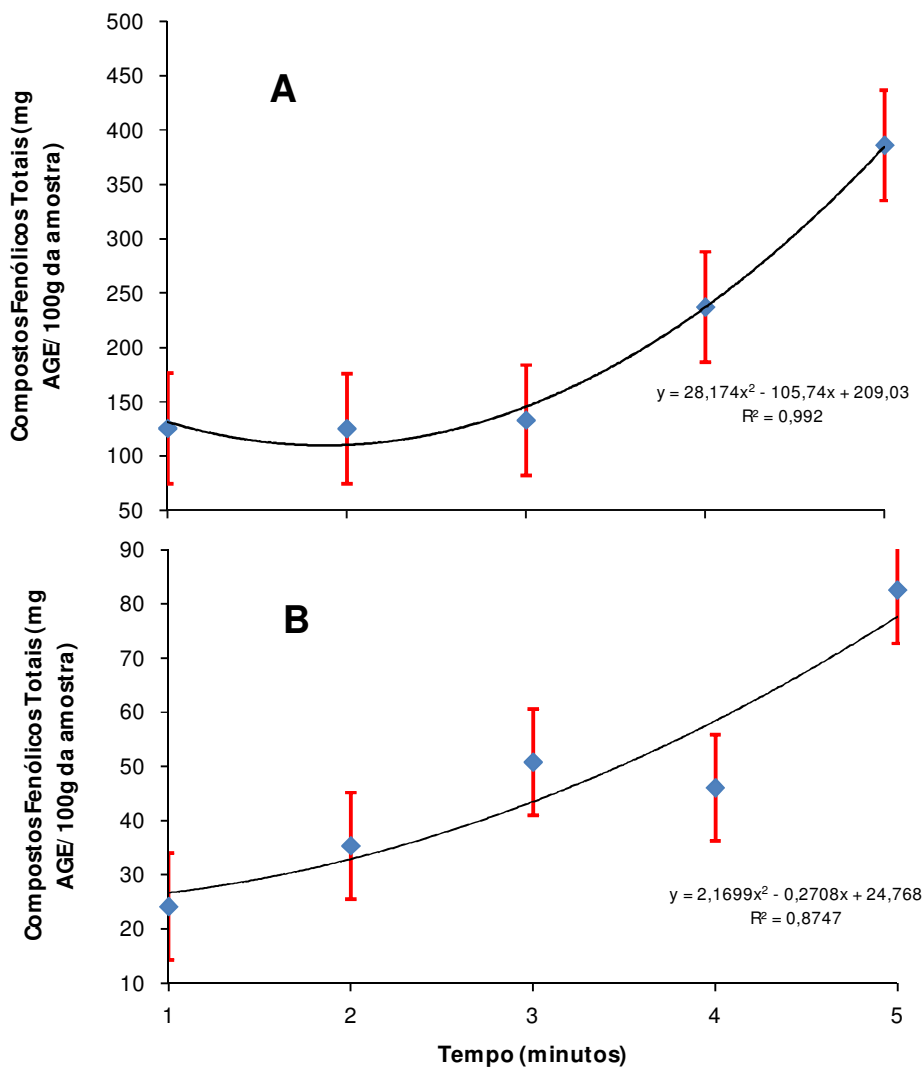
n= 3; * Média ± desvio padrão para $\alpha=0,95$.

4.1.1 Compostos fenólicos totais

Os resultados encontrados para os compostos fenólicos totais extraídos da amêndoa despelculada e da película, de castanha de caju, com vapores provenientes de soluções de ácido tartárico (1%; 2% e 3%), ácido málico (1%; 3% e 5%), cloreto de potássio (1%, 2% e 3%) e água nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos podem ser visualizados nas Figuras 3, 4, 5 e 6, respectivamente.

Conforme a Figura 4, nos condensados da película e da amêndoa de castanha de caju totalmente despelculada extraídos com vapor de água, o teor de compostos fenólicos obtidos no tempo 1 para a película foi de 125,82 mg de ácido gálico (AG)/100g e no último tempo (5 minutos) esse valor foi de 386,33 mg AG/100g; enquanto que para a amêndoa despelculada, o valor dos compostos fenólicos no tempo 1 e 5 foi de 24,19 mg AG/100g e 82,59 mg AG/100g, respectivamente.

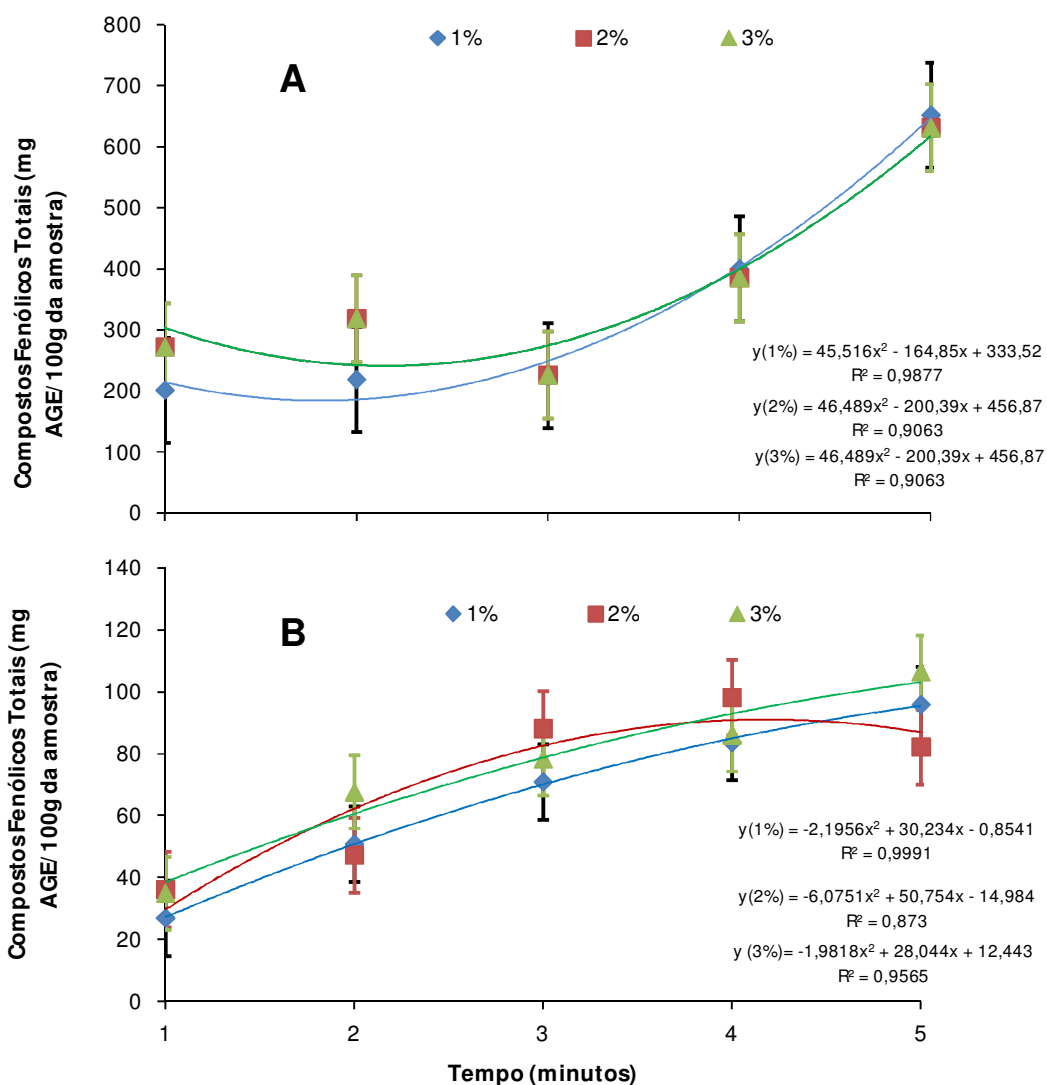
Figura 4 - Variação dos teores dos compostos fenólicos totais (mg ácido gálico/100g) nos condensados da película (A) e da amêndoa de castanha de caju despeliculada (B) extraídos com vapor de água durante tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.



Como pode ser observado nos gráficos da Figura 4, os teores dos compostos fenólicos nos condensados da película e da amêndoa totalmente despeliculada, extraídos com vapor de água, cresceram com o tempo de extração das amostras, conforme seria de se esperar, apresentando valores inferiores ao teores dos fenólicos totais encontrados em cada material individualmente, indicando que mesmo no tempo máximo de exposição das amostras a esse vapor-5 minutos, os pigmentos fenólicos contidos em ambos materiais não foram totalmente extraídos, não permitindo-se assim, a interação máxima desses pigmentos com as proteínas da amêndoa e o consequente escurecimento a ela associado.

De acordo com a Figura 5, os condensados extraídos das películas com vapor de cloreto de potássio (KCl), durante 1 minuto nas três concentrações, foram os que obtiveram menores valores de compostos fenólicos, 201,635 mg AGE/100g; 272,439 mg AG/100g e 204,152 mg AG/100g, respectivamente. Sendo que entre estes tratamentos o que menos contribui para a formação de compostos fenólicos foi o cloreto de potássio 1 minuto a 1%.

Figura 5– Variação dos compostos fenólicos totais (mg AG/mL) nos condensados da película (A) e da amêndoa de castanha de caju despeliculada (B) extraídos com vapor de cloreto de potássio nos tempos 1,2, 3, 4 e 5 minutos e nas concentrações 1%, 2% e 3%.

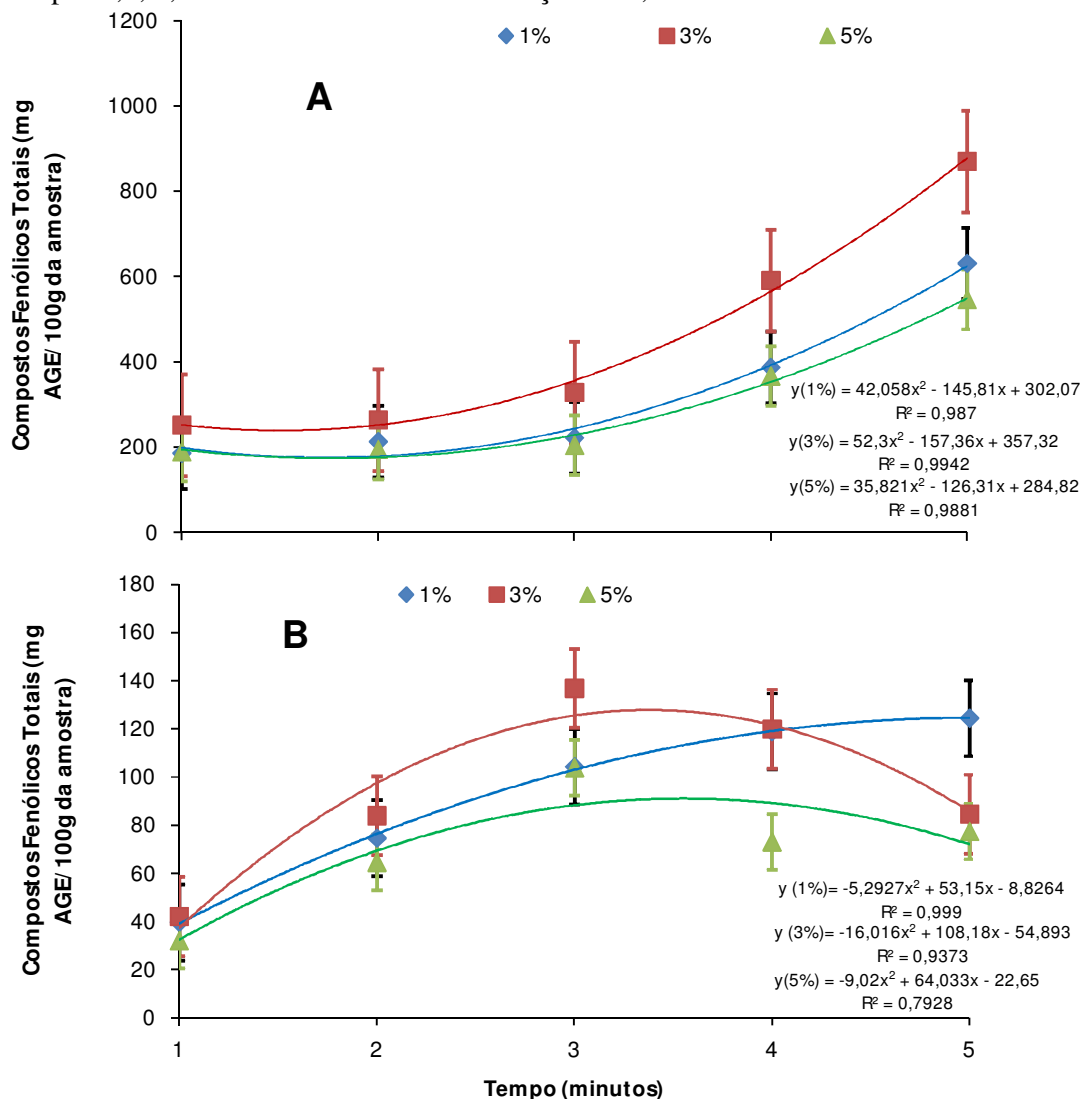


Para as amêndoas despelculadas as respostas obtidas com os tratamentos propostos com relação a concentração de fenólicos totais foi similar ao observado nos condensados extraídos das películas, nos quais durante 1 minuto de exposição foram obtidos

os menores valores nas três concentrações (27,01 mg AG/100g; 36,21 mg AG/100g e 34,98 mg AG/100g, respectivamente), onde o cloreto de potássio 1 minuto a 1% também teve menor valor entre os três supracitados. Assim na película e na amêndoa despelculada o melhor tempo e concentração é o cloreto de potássio 1 minuto a 1% para obter menor quantidade de fenólicos.

Na Figura 6, nos condensados extraídos com vapor de ácido málico, as películas no tempo 1 e nas três concentrações foram os que obtiveram menores valores de compostos fenólicos (185,115 mg AG/100g; 251,188 mg AG/100g e 189,099 mg AG/100g, respectivamente).

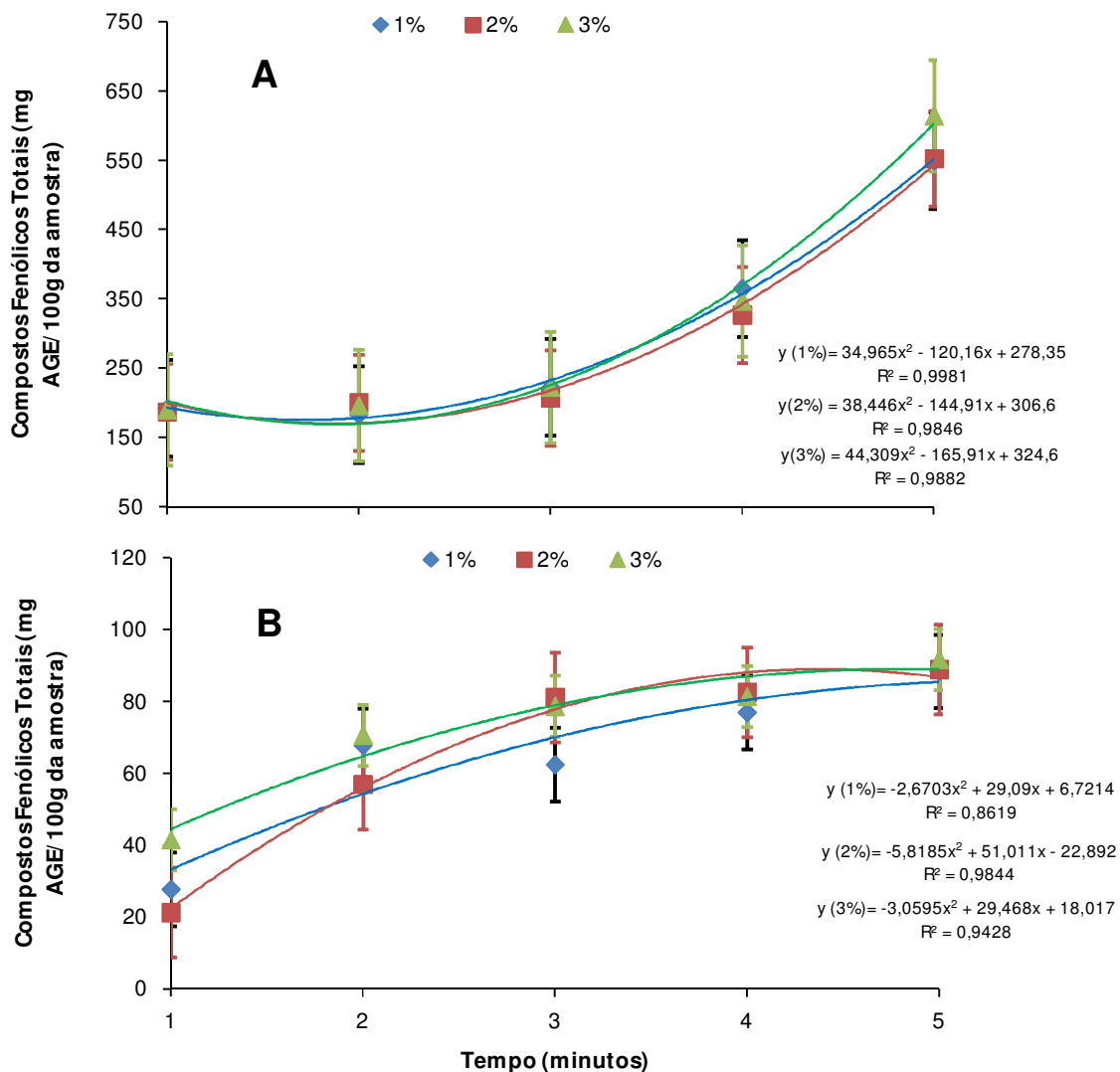
Figura 6 – Variação dos compostos fenólicos totais (mg AG/mL) nos condensados da película (A) e da amêndoa de castanha de caju despelculada (B) extraídos com vapor de ácido málico nos tempos 1, 2, 3, 4 e 5 minutos e nas concentrações 1%, 3% e 5%.



Observando que entre os tratamentos o que menos contribui para a formação de compostos fenólicos foi o ácido málico 1 minuto a 1%. Assim como para a amêndoa despelculada foram também os que obtiveram menor valor; 39,631 mg AG/100g; 42,117 mg AG/100g e 32,136 mg AG/100g, respectivamente. Mas o ácido málico 1 minuto a 5% teve menor valor entre os três supracitados. Assim para obter menor concentração de fenólicos nos condensados provenientes das películas e amêndoas de castanha de caju despelculadas, use-se o vapor de ácido málico durante 1 minuto na concentração de 1 e 5%, respectivamente.

Na Figura 7, com relação aos compostos fenólicos totais nos condensados das películas e das amêndoas despelculadas expostas ao vapor de ácido tartárico.

Figura 7 – Variação dos compostos fenólicos totais (mg AG/mL) nos condensados das películas e das amêndoas de castanha de caju despelculadas extraídos com vapor de ác.tartárico nos tempos 1,2, 3, 4 e 5 minutos e nas concentrações 1%, 2% e 3%.



Observando-se que no tempo 1, independente da concentração utilizada, foram obtidos os menores valores de compostos fenólicos (192,198 mg AG/100g; 187,151 mg AG/100g e 190,25 mg AG/100g para as películas e 27,01 mg AG/100g; 21,227 mg AG/100g e 34,977 mg AG/100g para as amêndoas de castanha de caju despeliculadas), sendo destacado o uso do vapor a 2%, entre estes o que menos contribui para a formação de compostos fenólicos.

Assim o melhor tratamento, para obter menor concentração de fenólicos nos condensados provenientes das películas e das amêndoas de castanha de caju despeliculadas, corresponde ao uso do vapor de com o vapor de ácido tartárico durante 1 minuto na concentração de 2%, respectivamente.

Podendo ser observado que entre os vapores analisados, o cloreto de potássio foi o que obteve maior extração de compostos fenólicos totais, confirmando a característica de antioxidante do ácido tartárico e do ácido málico (PRÉSTAMO E MANZANO, 1993; WILEY, 1994), que preveniram a perda dos compostos fenólicos da película e assim diminuíram a capacidade de escurecimento da amêndoa devido aos compostos fenólicos provenientes da película (FILGUEIRAS, ALVES e MOURA, 2000).

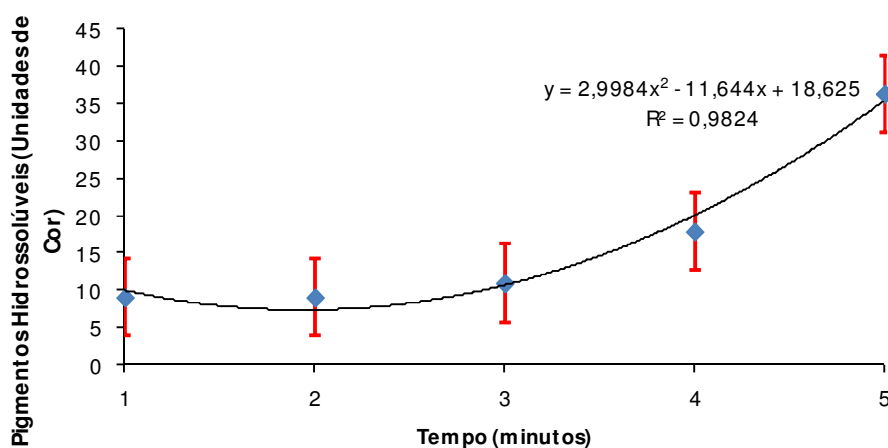
Os diferentes níveis dos compostos fenólicos, em determinados solventes observados neste estudo, dependem, entre diversos fatores, da natureza química dessas substâncias fenólicas (como os ácidos fenólicos, epicatequinas, alquifenóis e ácidos anacádios), da interação com outros nutrientes e micronutrientes presentes na amostra e da polaridade do solvente empregado no procedimento de extração (SHAIIDI e NACZK, 1995b). Além disso, segundo a teoria do paradoxo polar, substâncias antioxidantes apolares ou de baixo balanço hidrofílico/lipofílico, funcionam relativamente melhor em emulsões lipídicas mais polares, enquanto antioxidantes de características mais hidrofílicas são mais efetivos em sistemas mais lipofílicos (PORTER, 1993).

4.1.2 Pigmentos hidrossolúveis

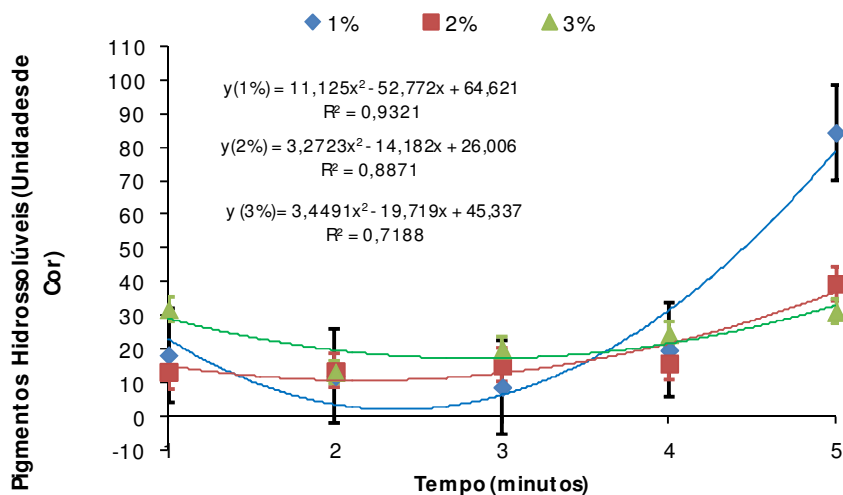
Na Figura 8 são mostrados os valores obtidos das médias para pigmentos hidrossolúveis na película de castanha de caju em função da fonte de vapor proveniente de soluções de ácido tartárico (1%; 2% e 3%), ácido málico (1%; 3% e 5%), cloreto de potássio - KCl (1%, 2% e 3%) e água nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos, respectivamente.

Figura 8– Variação da concentração dos pigmentos hidrossolúveis nos condensados das películas de castanha de caju extraídos com vapores de cloreto de potássio (1%, 2% e 3%), ácido málico (1%, 3% e 5%) e ácido tartárico (1%; 2% e 3%) e água nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.

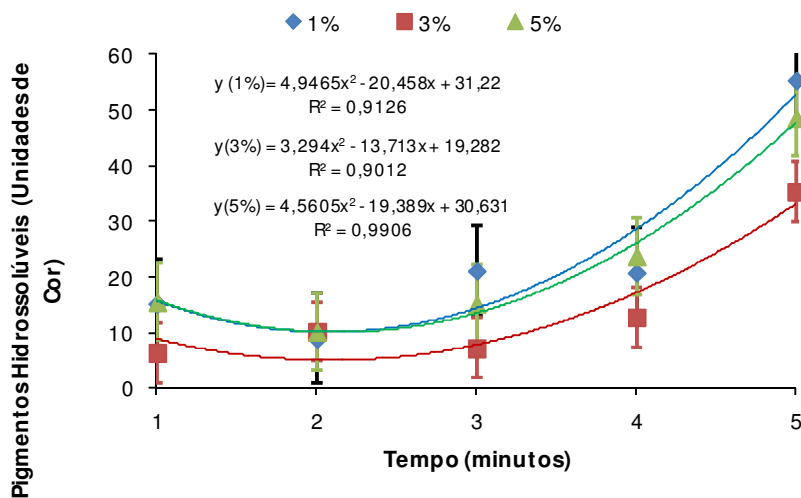
Pigmentos Hidrossolúveis com Vapor de Água



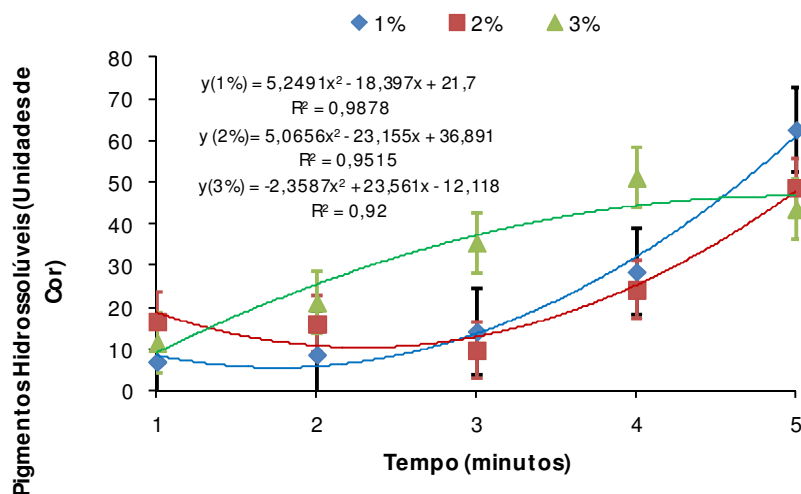
Pigmentos Hidrossolúveis com Vapor de KCl



Pigmentos Hidrossolúveis com Vapor de Ácido Máfico



Pigmentos Hidrossolúveis com Vapor de Ác. Tartárico



Em vapor de água, nos três primeiros minutos foram obtidas menores taxas de extração de pigmentos (8,997 unidades de cor- U.C.; 9,068 U.C. e 10,968U.C., respectivamente), não diferindo significativamente entre eles. Assim foi escolhido o primeiro minuto como o melhor tempo para menor extração de pigmentos por não haver diferença de concentração nos tempos subsequentes, até o terceiro minuto. Com o vapor de cloreto de potássio 1% - 3 minutos, a menor extração de pigmentos foi 8,814 U.C., com os vapores de ácido málico 3%-3 minutos (7,19 U.C.) e vapor de ácido tartárico 1%-1 minuto (7,048 U.C.).

Foi ainda observado que o vapor de água e cloreto de potássio foram os que extraíram a maior quantidade de pigmentos hidrossolúveis, fato este esperado já que se encontra na película uma grande quantidade de pigmentos solúveis em água.

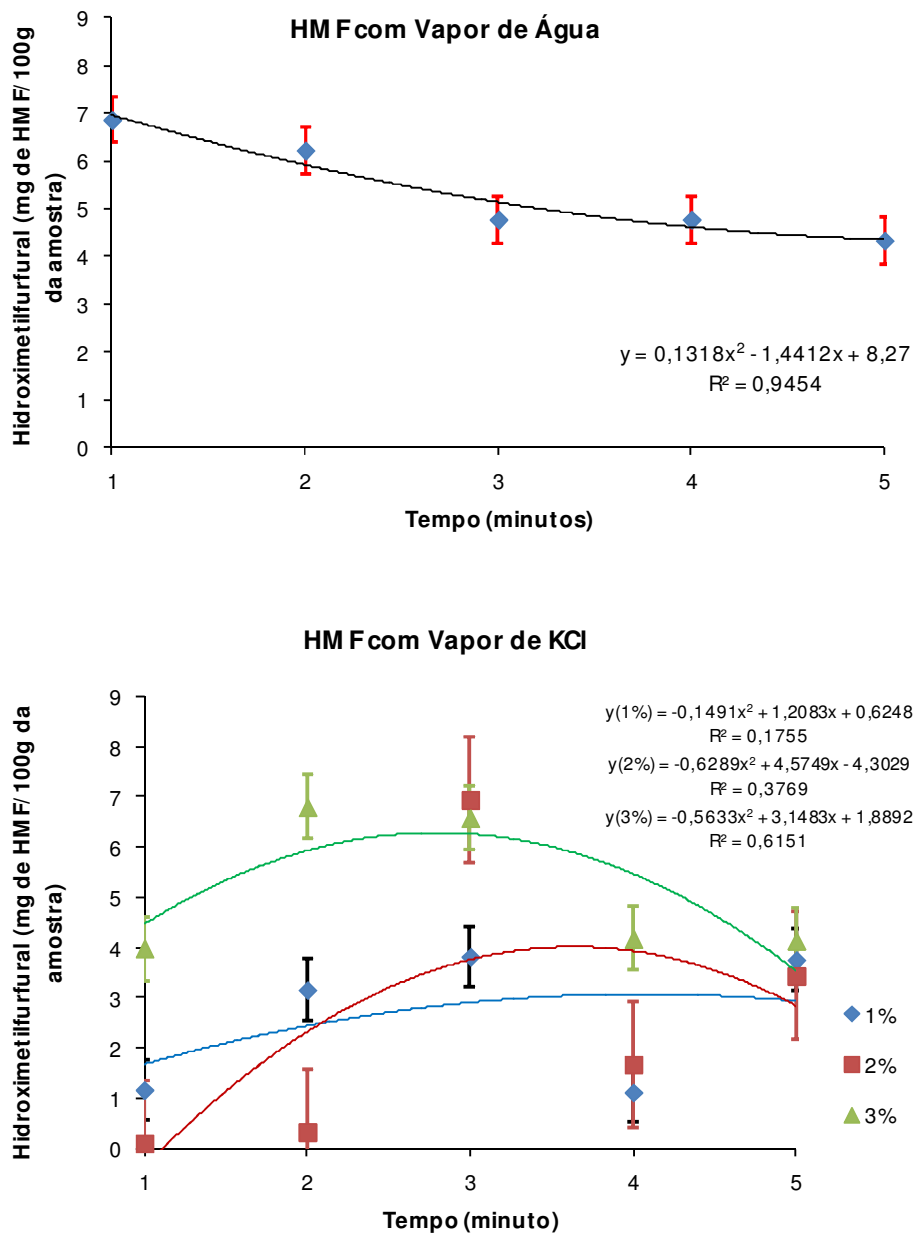
Dentre os pigmentos presentes na película da castanha de caju, encontram-se os taninos, onde sua extração industrial é feita em água quente sob presença de baixas concentrações de um sal inorgânico, capaz de melhorar a eficiência do processo em termos de quantidade e qualidade dos taninos extraídos, sendo um dos mais utilizados o cloreto de potássio (CHEN, 1991).

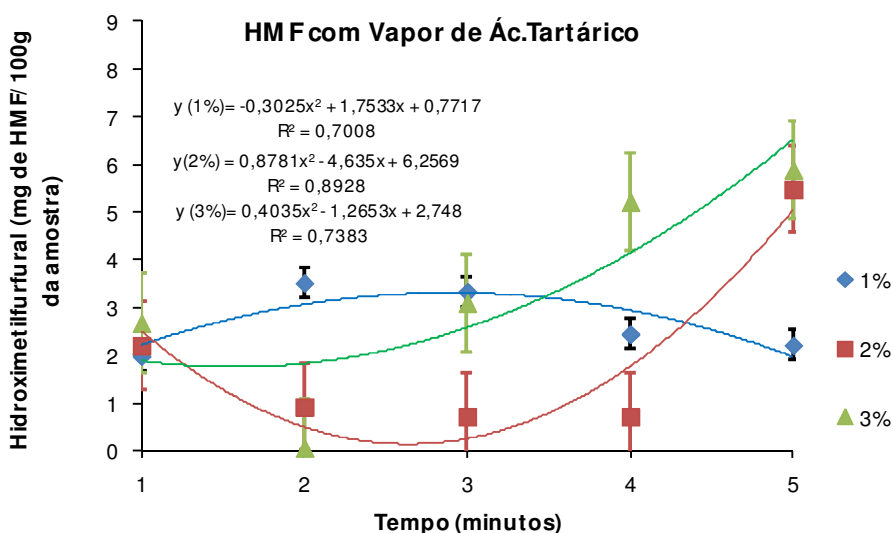
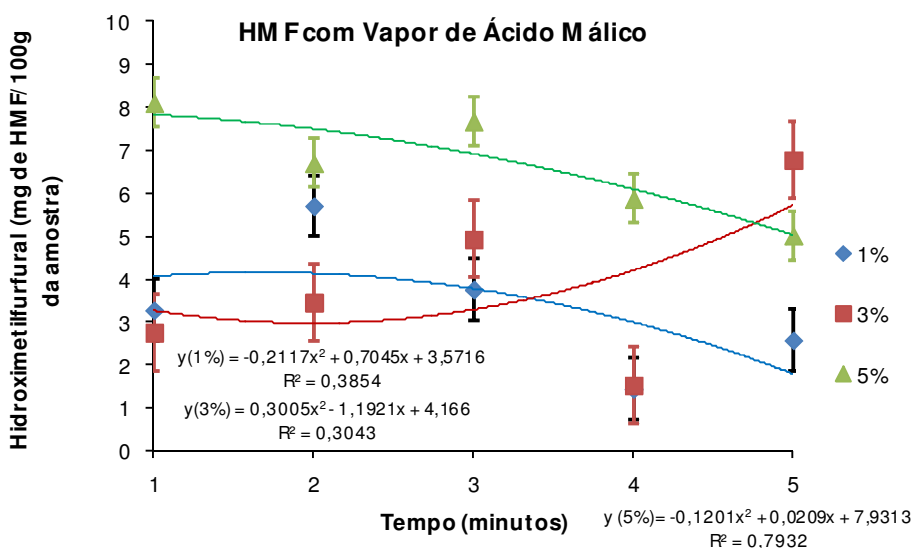
Foi verificado que no vapor de ácido tartárico houve uma menor quantidade de pigmentos hidrossolúveis, entre todos os outros vapores estudados. Alguns autores relatam que o ácido tartárico pode diminuir os efeitos da perda de cor (SAPERS e MILLER, 1995). Estudos sugerem que o ácido tartárico é capaz de atuar como um antioxidante na degradação de pigmentos (BADUÍ, 1997).

4.1.3 Hidroximetilfurfural

Na Figura 9 estão presentes os valores obtidos das médias para formação de hidroximetilfurfural na amêndoa de castanha de caju despeliculada em função da fonte de vapor proveniente de soluções de ácido tartárico (1%; 2% e 3%), ácido málico (1%; 3% e 5%), cloreto de potássio - KCl (1%, 2% e 3%) e água nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos, respectivamente.

Figura 9 - Variação de hidroximetilfurfural da amêndoa de castanha de caju despelculada em função dos vapores de cloreto de potássio (1%, 2% e 3%), ácido málico (1%, 3% e 5%) e ácido tartárico (1%; 2% e 3%) e água nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.





No tratamento em vapor de água os resultados não estão de acordo com o esperado, pois ocorre um decréscimo de hidroximetilfurfural (HMF), onde se esperava que com o passar do tempo houvesse uma maior formação deste composto. Observa-se também que a formação de HMF oscilou com o tempo sem apresentar uma tendência definida. Isso pode ter ocorrido devido o maior volume de condensado ser proporcional com o acréscimo do tempo e assim ter ocorrido uma lavagem das castanhas ou um menor aquecimento e assim consequentemente uma menor formação de HMF.

Damasceno (2007), ao estudar as interações polifenol-proteína e as reações de escurecimento não enzimático no processamento de cajuína verificou que a temperatura do

tratamento térmico é o principal fator que influencia o escurecimento e formação do hidroximetilfurfural (HMF) e que em temperaturas baixas (88 a 100°C) é lentamente formado.

A temperatura de processamento influencia fortemente a velocidade da reação de produção do Hidroximetilfurfural (HMF), em maiores taxas de temperatura e com um maior tempo de tratamento a uma maior formação de HMF (RATTANATHANALERK *et al.*, 2005). Em produtos do caju a formação de HMF pode ser devido à oxidação do Ácido Tartárico, já que esta vitamina é muito sensível e está presente em altas concentrações (DAMASCENO *et al.*, 2008; LAVINAS *et al.*, 2006).

Os conteúdos de hidroximetilfurfural (HMF) das amostras de amêndoa de castanha de caju despelculadas variaram entre 0,069 e 8,10mg/100g, entre todos os tipos de tratamento e concentrações. Em um estudo de avaliação do teor de produtos da Reação de Maillard (PRM) em cereais matinais e café observou-se uma variação em granola entre 2 e 14,9mg/100g (SHIBAO, 2010). Assim observa-se que a variação de HMF do estudo está coerente, já que a variação é menor que a encontrada em granola, sendo que a formulação da granola é bastante variada e normalmente contém, além da mistura de cereais, castanhas e frutas secas (GERRARD *et al.*, 2002).

De acordo com a International Federation of Fruit Juice Producers (IFFJP), as concentrações de hidroximetilfurfural não devem exceder 5 mg/L para sucos e 25 mg/kg para produtos concentrados (IBARZ *et al.*, 1999).

A menor formação de hidroximetilfurfural e conseqüentemente a menor ocorrência da reação de Maillard pode se observado, de forma crescente, nos seguintes tratamentos: ácido tartárico a 3% por 2 minuto com 0,069 mg de HMF/100g; KCl a 2% por 1 minuto com 0,127 mg de HMF/100g; ácido málico a 1% por 4 minutos com 1,45 mg de HMF/100g e vapor de água em 5 minutos com 4,336 mg HMF/100g.

4.1.4 Cor instrumental

Encontram-se, nas Tabelas 2, 3, 4 e 5, os valores médios dos parâmetros da cor luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) da amêndoa de castanha de caju do tipo despelculada em função dos vapores de água, cloreto de potássio (1%, 2% e 3%), ácido málico (1%, 3% e 5%) e ácido tartárico (1%; 2% e 3%) nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.

Uma vez que as amostras foram analisadas em presença dos efeitos deletérios para os pigmentos naturais (luz, oxigênio e água), observou-se uma variação sensível das

coordenadas colorimétricas. As variações entre as medidas provavelmente ocorreram devido à heterogeneidade da amêndoa de castanha de caju despelucada.

Constatou-se que nos vapores de água (Tabela 2) a luminosidade (L^*) não diferiu estatisticamente entre os três primeiros minutos, havendo uma diminuição apenas em 4 minutos; nos valores da intensidade de vermelho (a^*) o tempo de 2 minutos foi o que apresentou intensidade menor e nos valores da intensidade de amarelo (b^*) os tempos de 1 e 4 minutos foi os que apresentaram menor intensidade.

Tabela 2 – Comportamento de L^* , a^* e b^* na amêndoa de castanha de caju do tipo despelucada em função de vapor de água nos tempos de exposição de 1, 2, 3, 4 e 5 minutos.

COR INSTRUMENTAL DA AMÊNDOA COM VAPOR DE ÁGUA			
Tempo (minutos)	L^*	a^*	b^*
1	73,59500 ab	1,66000 b	27,26500 bc
2	72,84500 ab	1,14000 c	28,42500 b
3	74,13000 a	1,62000 b	28,60000 b
4	69,17000 c	2,50500 a	26,94500 c
5	71,69000 b	1,03000 c	32,02000 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nos vapores de cloreto de potássio (Tabela 3) o tempo e concentração que obteve maior valor em relação a luminosidade (L^*) foi no tempo de 2 minutos na concentração de 1%; nos valores da intensidade de vermelho (a^*) os tempos de 2 e 3 minutos a 1% (não diferindo significativamente em relação ao tempo) foram os que obtiveram intensidade menor, então escolhe-se o 2 minuto a 1% devido este ser o de tempo e concentração menor; e nos valores da intensidade de amarelo (b^*) a interação entre concentração e tempo o vapor que obteve menor intensidade foi o 4 e 5 minuto a 1% de cloreto de potássio.

Tabela 3 – Comportamento de L*, a* e b* na amêndoa de castanha de caju despelculada em função do vapor de cloreto de potássio - KCl (1%, 2% e 3%) nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.

COR INSTRUMENTAL DA AMÊNDOA COM VAPOR DE KCl									
Tempo (min.)	L*			a*			b*		
	CONCENTRAÇÃO (%)								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	67,66bB	69,14aB	69,42aA	3,59aA	2,56abB	1,70bC	31,76aA	26,72bB	30,68aA
2	72,99aA	69,14aB	67,34bC	1,33cC	2,31bB	3,20aA	30,79aA	28,94aB	27,48bC
3	72,15aA	69,32aB	64,26cC	1,43cB	1,13cB	2,76aA	25,64bB	28,56aA	27,43bA
4	64,38cB	63,97bB	69,67aA	2,48bA	2,58abA	1,49bB	24,25bcB	27,76abA	26,85 bcA
5	65,32cB	65,61bB	69,22abA	2,97bA	3,06aA	2,77aA	23,51cB	26,55bA	25,81 cA

Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas linhas horizontais e minúsculas nas linhas verticais (colunas) não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nos vapores de ácido málico (Tabela 4) o tempo e concentração que obteve maior valor em relação à luminosidade (L*) foi no tempo de 2 minutos na concentração de 1%; nos valores da intensidade de vermelho (a*) o tempo de 1 minuto a 1% foi o que obteve intensidade menor, e nos valores da intensidade de amarelo (b*) a interação entre concentração e tempo em 1 e 4 minuto a 1% (não diferindo significativamente em relação ao tempo) foram os que obtiveram intensidade menor, então escolhe-se o 1 minuto a 1% devido este ser o de tempo e concentração menor.

Tabela 4– Comportamento de L*, a* e b* na amêndoa de castanha de caju despelculada em função do vapor de ácido málico (1%, 3% e 5%) nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.

COR INSTRUMENTAL DA AMÊNDOA COM VAPOR DE ÁCIDO MÁLICO									
Tempo (min.)	L*			a*			b*		
	CONCENTRAÇÃO (%)								
	1	3	5	1	3	5	1	3	5
1	65,28cB	68,01aA	70,00aA	1,69dB	3,13dA	2,83dA	26,71cC	29,29abA	27,92bcB
2	72,39aA	68,64aB	68,17aB	2,92cA	2,65eA	2,79dA	29,09bA	29,01abcA	27,33cB
3	67,77bA	68,61aA	64,60bB	3,23cC	3,64cB	4,58bA	28,51bA	28,01cA	28,87bA
4	68,77bA	63,58bB	61,76cB	3,92bC	6,22bB	7,70aA	27,26cC	29,49aB	32,33aA
5	68,14bA	60,41cC	63,76bcB	4,68aB	7,11aA	4,02cC	31,76aA	28,12bcB	27,99bcB

Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas linhas horizontais e minúsculas nas linhas verticais (colunas) não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Já nos vapores de ácido tartárico (Tabela 5) a luminosidade (L^*) não diferiu estatisticamente entre as concentrações e tempo; nos valores da intensidade de vermelho (a^*) o 1 minuto a 1% foi o que apresentou intensidade menor e nos valores da intensidade de amarelo (b^*) o tempo de 5 minutos e na concentração de 2% foi o que apresentou menor intensidade.

Tabela 5 – Comportamento de L^* , a^* e b^* na amêndoa de castanha de caju despelculada em função do vapor de ác.tartárico (1%, 2% e 3%) nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.

COR INSTRUMENTAL DA AMÊNDOA COM VAPOR DE ÁC.TARTÁRICO									
Tempo (min.)	L^*			a^*			b^*		
	CONCENTRAÇÃO (%)								
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	74,41aA	74,28aA	73,04abA	0,23dB	1,34bA	1,13cA	29,85abA	29,83aA	29,71aA
2	72,42abA	71,52abA	73,30abA	1,52bB	1,96aA	2,18aA	31,06aA	28,71aB	29,57aAB
3	72,54abA	72,78aA	71,84abA	1,90aA	1,36bB	1,47bB	27,56bA	29,16aA	29,06aA
4	73,57aA	74,10aA	73,49aA	1,11cB	1,60bA	1,62bA	28,54bA	28,13abA	25,11bB
5	72,54bA	70,94bA	72,81bA	1,96aA	1,55bB	2,00aA	31,84aA	25,98bC	28,36aB

Médias seguidas da mesma letra maiúsculas nas linhas horizontais e minúsculas nas linhas verticais (colunas) não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos das amêndoas de castanha de caju despelculadas em vapores de água e ácido tartárico apresentaram uma luminosidade (L^*) semelhante, valores estes maiores em relação aos outros vapores que indicam uma maior luminosidade. Santos (2012), em estudo desenvolvido com castanha-do-brasil, também verificou valores de L^* semelhantes aos encontrados nestes dois vapores. Mexis *et al.*(2009), ao estudar os efeitos da γ -Irradiação sobre as propriedades físico-químicas e sensoriais da castanha de caju (*Anacardium occidentale L.*) apresentaram valores de luminosidade inferiores aos encontrados no presente estudo. Assim como Lima *et al.*(2007), ao estudarem a estabilidade de pasta de amêndoa de castanha de caju também verificaram valores inferiores.

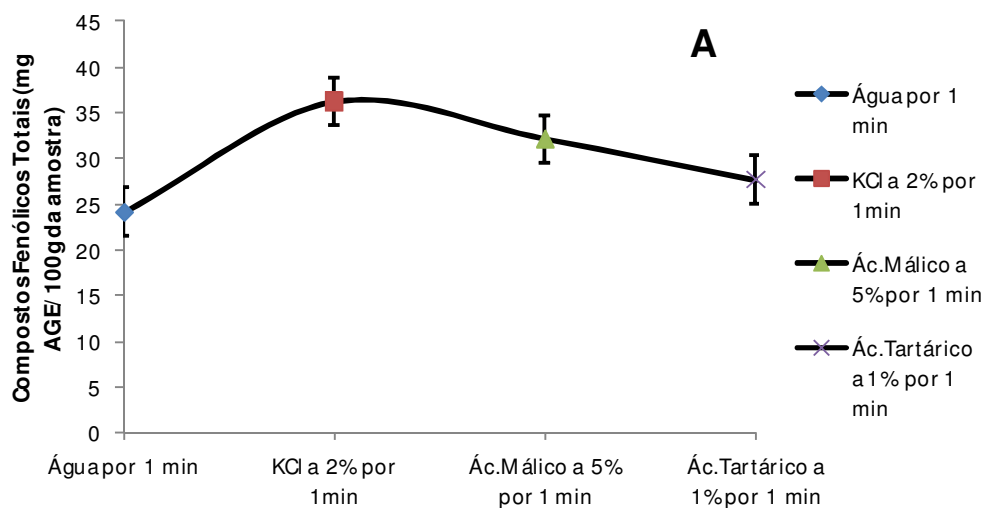
Os resultados apresentados pelos parâmetros de cor mostram um valor de a^* com leve tendência ao vermelho em todos os vapores de tratamentos das amêndoas de castanha de caju despelculada, por se apresentar positivo. Quanto aos valores de b^* , evidencia-se

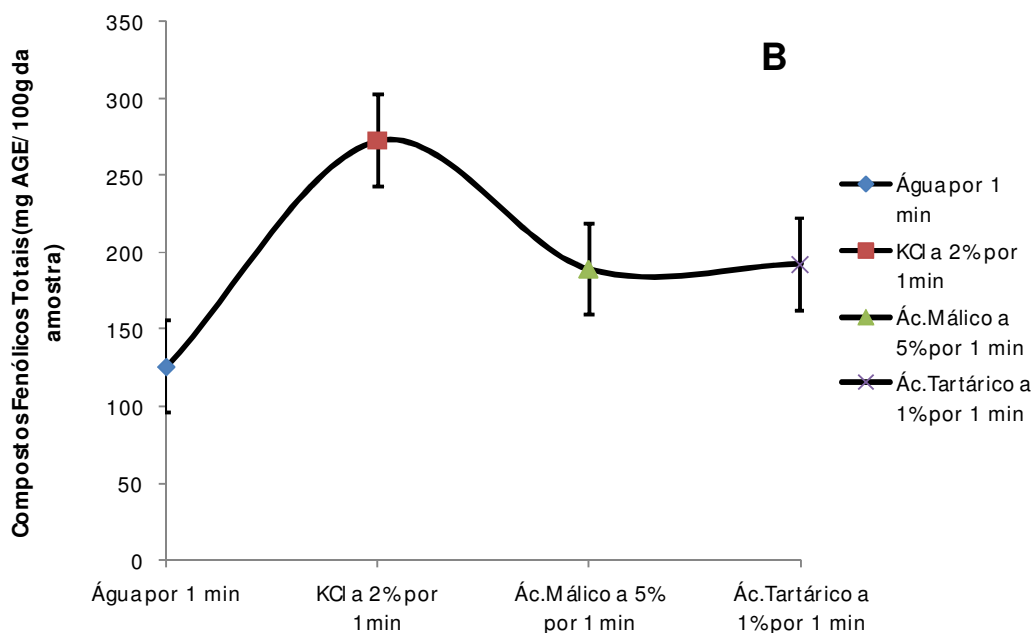
tendência ao amarelo. Mexis *et al.*(2009), ao determinar as cores das amostras de castanha de caju (*Anacardium occidentale L.*) não irradiadas e irradiadas apresentam valores de a^* (2,04) próximos e valores de b^* (18,40) inferiores aos encontrados nesta pesquisa. Sendo esta mesma observação encontrada por Santos (2012), onde o valor a^* é de 1,64 e o valor b^* é de 14,92.

Com base nos testes iniciais foram selecionados os tratamentos que se destacaram dos demais, água por 1 min., cloreto de potássio a 2% por 1 min., ácido málico a 5% por 1 min. e ácido tartárico a 1% por 1 min.

Os resultados encontrados para os compostos fenólicos totais estão descritos separadamente para as amostras da amêndoa e da película de castanha de caju em função das fontes de vapor (água por 1 min.; cloreto de potássio a 2% por 1 min.; ácido málico a 5% por 1 min. e ácido tartárico a 1% por 1 min.), como apresentados na Figura 10.

Figura 10 – Variação dos compostos fenólicos totais (mg AG/mL) nos condensados da amêndoa despelculada (A) e da película (B) de castanha de caju em função das fontes de vapor.





A maior quantidade de compostos fenólicos na amêndoa da castanha de caju (ACC) e na película foi obtido no vapor de cloreto de potássio a 2% por 1 minuto com 36,21 e 272,439 mg de Ácido Gálico Equivalente (AG)/100g, respectivamente. Enquanto que o tratamento vapor de água a 1 minuto foi o que apresentou a menor quantidade de compostos fenólicos tanto na ACC (24,1918) como na película (125,8196 mg AG/100g). Assim, verifica-se que a solução de água por 1 minuto foi a solução que menos contribui para o escurecimento pela presença de compostos fenólicos.

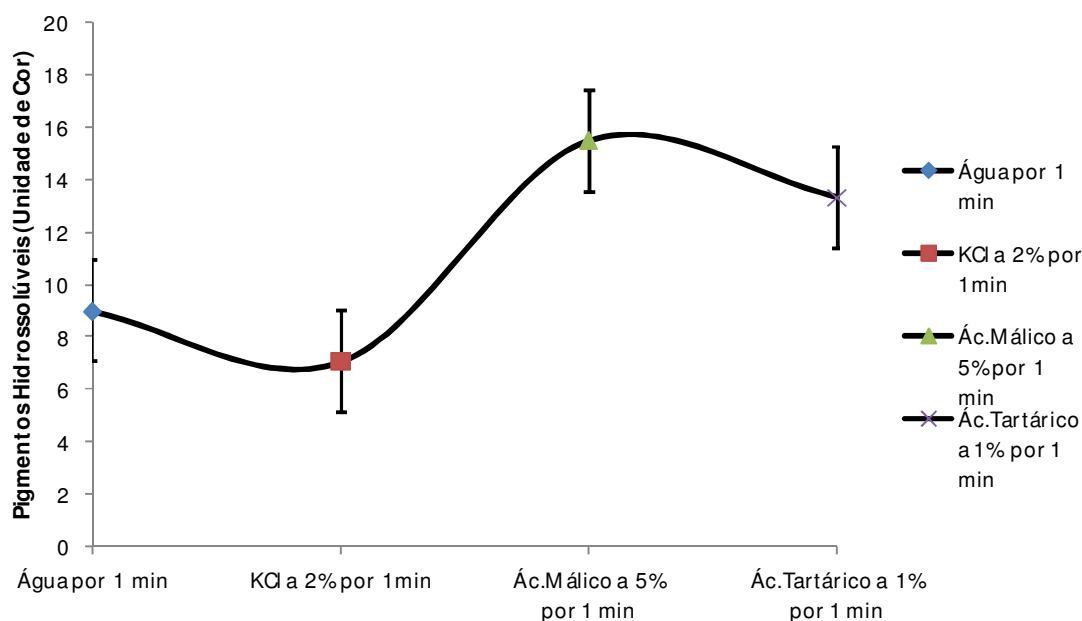
Comprova-se também que a película da ACC contém grande quantidade de compostos fenólicos, superior à contida na amêndoa, confirmando o relato de Kamath e Rajini (2007) que determinando a atividade do extrato etanólico do pó da película de amêndoa (PPA) de castanha de caju, encontraram uma alta concentração de compostos fenólicos na película de amêndoa de castanha de caju.

Os valores de compostos fenólicos (137mg AG/100g) da amêndoa de castanha de caju comum sem película apresentados por Kornsteiner, *et al.* (2006) apresentam superiores aos obtidos nesta pesquisa. Essa superioridade aos valores do presente estudo é possivelmente justificada pela variação da castanha, uma vez que as análises desta pesquisa foram conduzidas com amêndoas de qualidade inferior às amêndoas dos relatos na literatura.

Na Figura 11 estão apresentados os valores obtidos na variação dos pigmentos hidrossolúveis na película de castanha de caju em função das fontes de vapor (água por 1

min.; cloreto de potássio a 2% por 1 min.; ácido málico a 5% por 1 min. e ácido tartárico a 1% por 1 min.).

Figura 11– Variação dos pigmentos hidrossolúveis nos condensados da película de castanha de caju em função das fontes de vapor.



A maior quantidade de pigmentos hidrossolúveis foi encontrada na solução de ácido málico a 5% por 1 min. (15,49 U.C. - Unidades de Cor) e a menor foi em ácido tartárico a 1% por 1 min (7,05 U.C.).

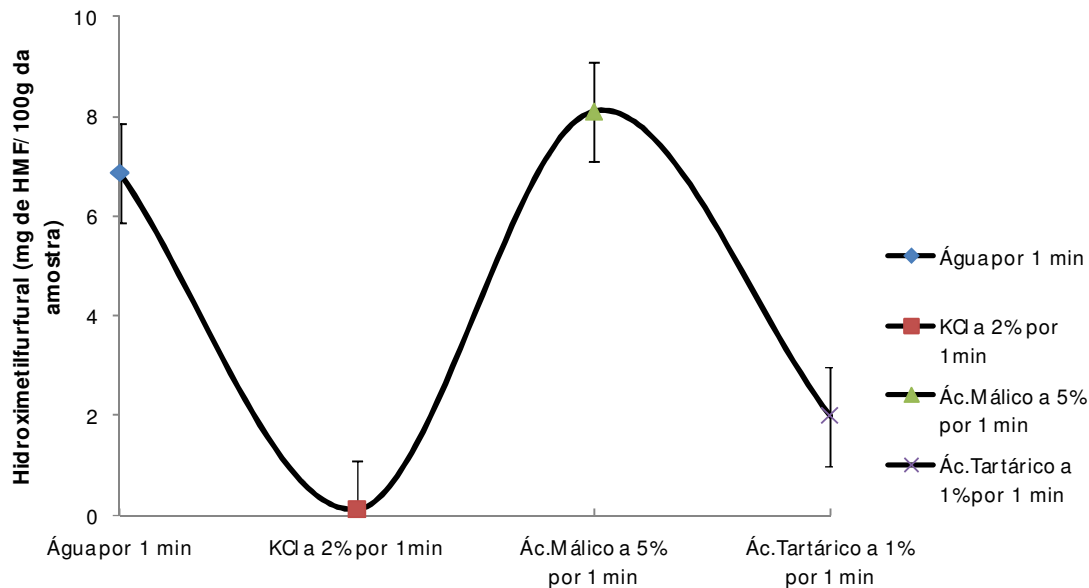
Pelos resultados observados infere-se que o ácido tartárico a 1% por 1 minuto teve a capacidade de evitar a degradação dos pigmentos hidrossolúveis presentes nos condensados da película de castanha de caju. Observação condizente ao relato por Vitti, *et al.* (2003), que estudando as alterações nos pigmentos de beterraba minimamente processadas tratadas com ácido tartárico recomendam a aplicação deste ácido durante o processamento mínimo como forma de reduzir a degradação de pigmentos.

Moreno-Álvarez *et al.* (2007), estudando o efeito do ácido tartárico sobre a maturação do tomate, verificaram ao final do experimento que o tratamento de imersão em solução de ácido tartárico a 2% tem uma elevada estabilidade à oxidação e à pigmentos (antocianina e carotenóides).

Observa-se na Figura 12 a maior formação de hidroximetilfurfural e conseqüentemente na ocorrência da reação de Maillard nos tratamentos com ácido málico a

5% por 1 minuto com 8,1024 mg de HMF/100g , seguido do vapor de água a 1 minuto com 6,8649 mg de HMF/100g. No entanto o cloreto de potássio a 2% por 1 minuto com apenas 0,1096 mg de HMF/100g é o tratamento que menos influência para a reação de Maillard.

Figura 12 - Variação de hidroximetilfurfural na amêndoa de castanha de caju despeliculada em função das fontes de vapor.



A adição de cloreto de potássio tende a inibir o escurecimento dos produtos da reação de Maillard comprovou Kwak *et al.* (2004) ao analisar os efeitos do açúcar, aminoácido, íons metálicos e cloreto de potássio em um modelo de reação de Maillard com pH controlado.

Na Tabela 6, constam os valores médios de L^* , a^* e b^* na amêndoa de castanha de caju despeliculada, para cada tratamento empregado e para a amêndoa tipo 1 (inteira, de primeira qualidade) como referência.

Tabela 6 – Comportamento de L*, a* e b* na amêndoa de castanha de caju despelculada em função das fontes de vapor (Padrão, água por 1 min.; cloreto de potássio a 2% por 1 min.; ácido málico a 5% por 1 min. e ácido tartárico a 1% por 1 min.).

	Fontes de Vapor				
	Padrão (Tipo1)	Água 1M	KCl 1M2%	Ácido Málico 1M5%	Ácido Tartárico 1M1%
L*	77,675a	73,157b	68,982c	67,10c	74,255ab
a*	-3,502c	1,402b	2,647a	3,257a	1,252b
b*	32,255a	29,015bc	26,117c	28,977bc	29,812ab

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação ao parâmetro L*, a fonte de vapor de ácido tartárico 1M1% não diferiu estatisticamente da água 1M e do Padrão, e por apresentar os maiores valores refletem uma maior luminosidade. Em relação ao parâmetro a*, destacaram-se os mesmos tratamentos água 1M e ácido tartárico 1M1%, que pela natureza da variável, os menores valores constituem os melhores resultados. Observa-se ainda que o Padrão apresentou-se com valor negativo de a*, indicando uma diminuição da cor vermelha em relação as outras soluções. Já na coordenada b* houve diferença significativa apenas entre cloreto de potássio 1M2% e ácido tartárico 1M1%, deste modo, o cloreto de potássio 1M2% apresenta ligeira vantagem por possuí um menor valor.

De modo geral, sobressai o tratamento de ácido tartárico 1M1% por proporcionar resultados satisfatórios nos três parâmetros e não diferenciar do Padrão nos parâmetros nas coordenadas L* e b*. Assim observa-se que a amêndoa de castanha de caju despelculada no quesito cor, encontra-se com melhores resultados com a solução de ácido tartárico 1M1%.

Maiores valores na coordenada a* nos tratamentos de cloreto de potássio 1M2% e ácido málico 1M5% cogita no escurecimento da amêndoa, este podendo ser associado com: 1- alterações nas propriedades das proteínas através de ligações cruzadas quando reage com hidroperóxidos e seus produtos de degradação que se manifestam com o escurecimento (BELITZ e GROSCH, 1999) e/ou interação não enzimática lipídio-proteína causando escurecimento (ANGLEMIER e MONTGOMERY, 1975).

Os valores dos parâmetros L*, a* e b* relatados por Mexis, S.F. e Kontominas, M.G. (2009) comprovam a superioridade da amêndoa da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) em relação a tipo “durão” mesmo sobre os diferentes tipos de vapor. Observando que no presente estudo o valor do parâmetro a* encontra-se em quantidade melhor do que o relatado na literatura.

4.1.5 Grau de despeliculagem, porcentagem de quebra e qualificação da cor das amêndoas do tipo “durão” em escala industrial

Nas soluções de cloreto de potássio a 2% por 1 min. e ácido tartárico a 1% por 1 min. as amêndoas de castanha de caju do tipo “durão” não diferiram entre si estatisticamente e obtiveram a maior porcentagem de despeliculamento (~56%), enquanto que na solução de água por 1 min. e de ácido málico a 5% por 1 min. esta despeliculagem foi da ordem de ~50%. Em relação à porcentagem de quebra da amêndoa, a solução de ácido tartárico a 1% por 1 min. foi a que obteve um menor índice, com aproximadamente 21% (Tabela 7).

Tabela 7 - Grau de despeliculagem e porcentagem de quebra na amêndoa de castanha de caju do tipo “durão” em função das fontes de vapor (água por 1 min.; cloreto de potássio a 2% por 1 min.; ácido málico a 5% por 1 min. e ácido tartárico a 1% por 1 min.).

	Fontes de Vapor			
	Água 1M	KCl 1M2%	Ácido Málico 1M5%	Ácido Tartarico 1M1%
% de Despeliculamento	50,433b	56,523a	50,24b	56,78 ^a
% de Quebra	24,123b	23,153b	28,37a	20,99c

As médias seguidas pela mesma letra em cada linha não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Nas operações de despeliculamento semi-mecanizadas pode-se obter até 70% de amêndoas totalmente sem película (PAIVA; NETO, 2004).

Amêndoas que foram submetidas à despeliculagem por métodos físicos obtiveram 60% de despeliculamento, já em tratamentos de congelamento em conjunto com o ultra-som apresentaram despeliculagem entre 80 a 100% (LIMA, E.D, 2009).

A quebra de amêndoas inteiras na despeliculagem pode chegar a 25 – 30% (OHLER, 1979). O processamento feito pela indústria tradicional de beneficiamento de castanha no Nordeste do Brasil resulta na quebra de 45% das amêndoas (PAIVA, *et al.*, 2003).

Na Tabela 8, constam os valores médios de L*, a* e b* na amêndoa de castanha de caju do tipo “durão” para diferentes fontes de vapor e para a amêndoa Padrão em escala industrial.

Tabela 8 - Comportamento de L*, a* e b* na amêndoa de castanha de caju do tipo “durão” despelculada em função da fonte de vapor (Padrão, água por 1 min.; cloreto de potássio a 2% por 1 min.; ácido málico a 5% por 1 min. e ácido tartárico a 1% por 1 min.) em escala industrial.

	Fontes de Vapor				
	Padrão (Tipo1)	Água 1M	KCl 1M2%	Ácido Málico 1M5%	Ácido Tartárico 1M1%
L*	77,68a	71,783c	72,393c	70,297d	73,723b
a*	-3,463e	-1,683a	-2,497d	-2,167c	-1,937b
b*	32,157b	32,623ab	32,72ab	33,68a	32,357b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si. Foi aplicado o Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O parâmetro L* diferiu estatisticamente entre todos os tratamentos pesquisados em escala industrial, ao contrário do que aconteceu nas análises laboratoriais onde o Padrão não diferiu da fonte de vapor de ácido tartárico a 1% por 1 min. Mesmo assim em escala industrial o vapor de ácido tartárico a 1% por 1 min. foi o que menos perdeu em luminosidade em relação ao Padrão, confirmando sua superioridade em relação as outras fontes de vapor tanto nos experimentos de laboratório como em escala industrial.

Observa-se que todos os valores de a* em escala industrial apresentaram-se com valor negativo, sendo a fonte de vapor de cloreto de potássio a 2% por 1 min. a que mais se aproxima dos valores do Padrão, mas as que menos indicaram uma diminuição da cor vermelha (- a*) foi a água a 1 min. e o ácido tartárico a 1% por 1 min. superando os valores do Padrão, resultados semelhantes aos da análise laboratorial.

O comportamento do parâmetro colorimétrico b* em função das fontes de vapor, com exceção do ácido málico a 5% por 1 min., todas as outras fontes não diferiram estatisticamente do Padrão e obtiveram menores valores. Assim na análise colorimétrica em escala industrial mostrou o ácido tartárico a 1% por 1 min. a fonte de vapor que obteve melhores resultados em todos os parâmetros (L*, a* e b*), confirmando os resultados laboratoriais.

5 CONCLUSÕES

1- Compostos fenólicos, hidroximetilfurfural e as coordenadas L^* , a^* e b^* apresentaram variação significativa nas amêndoas de castanha de caju despelculada em função dos vapores de água, cloreto de potássio (1%, 2% e 3%), ácido málico (1%, 3% e 5%) e ácido tartárico (1%; 2% e 3%) nos tempos de exposição de 1,2, 3, 4 e 5 minutos.

2- Nas películas das amêndoas de castanha de caju, submetidas às mesmas fontes de vapor supracitadas acima, se constata que os tratamentos apresentaram efeitos significativos em todas as variáveis (compostos fenólicos e pigmentos hidrossolúveis) ao nível de 1%.

3- O ácido tartárico e o ácido málico preveniram a perda dos compostos fenólicos da película e assim diminuíram a capacidade de escurecimento da amêndoa devido aos compostos fenólicos provenientes da película.

4- A menor perda de pigmentos hidrossolúveis na película das amêndoas de castanha de caju apresentou-se no vapor de ácido tartárico.

5- O ácido tartárico e o cloreto de potássio foram os vapores que mostraram o melhor desempenho em relação a formação de hidroximetilfurfural e conseqüentemente a menor ocorrência da reação de Maillard na castanha de caju despelculada.

6- Pelos resultados colorimétricos observou-se que os vapores de água e ácido tartárico mostraram maior estabilidade em relação aos outros vapores.

7- A fonte de vapor de água por 1 minuto foi a solução que menos contribui para o escurecimento pela presença de compostos fenólicos, tanto na amêndoa despelculada como na película de castanha de caju.

8- A menor quantidade de pigmentos hidrossolúveis na película de castanha de caju foi encontrada na solução de ácido tartárico a 1% por 1 min.

9- O cloreto de potássio a 2% por 1 minuto é o tratamento que menos influência para a reação de Maillard, já que tem a menor formação de hidroximetilfurfural na amêndoa de castanha de caju despelculada.

10- De modo geral, em relação a cor instrumental a fonte de vapor de água por 1 minuto e o ácido tartárico a 1% por 1 minuto sobressaíram entre as outras fontes de vapor devido proporcionar resultados satisfatórios nos três parâmetros (L^* , a^* e b^*).

11- Nas soluções de cloreto de potássio a 2% por 1 min. e ácido tartárico a 1% por 1 min. as amêndoas de castanha de caju do tipo “durão” obtiveram a maior porcentagem de despelculamento.

12- Em relação à porcentagem de quebra da amêndoa, a solução de ácido tartárico a 1% por 1 min. foi a que obteve um menor índice.

13- A análise colorimétrica em escala industrial mostrou o ácido tartárico a 1% por 1 min. a fonte de vapor que obteve melhores resultados em todos os parâmetros (L^* , a^* e b^*), confirmando os resultados laboratoriais.

14- O ácido tartárico foi a solução que apresentou melhores resultados entre os tratamentos, obtendo a maior porcentagem de despeliculagem possível com o mínimo de quebra e de escurecimento das amêndoas, apesar de não ter havido uma grande diferença do tratamento padrão.

15- Recomenda-se uma continuidade destes estudos a fim de que possa melhorar os resultados da solução promissora de ácido tartárico visando levar em consideração outras faixas de tempo e concentração, tendo em vista que maiores proporções de despeliculagem com o mínimo de quebra e de escurecimento das amêndoas possam ser alcançados.

REFERÊNCIAS

AFI. **Especificações para amêndoas de castanha de caju.** Departamento de castanhas & produtos agrícolas da Association of Food Industries. Nova York, abril 1999. Disponível em: <<http://www.amberwoodtrading.com/Specifications/CashewSpecifications.aspx>>. Acesso em: 04/03/2012.

AMES, J.M.; CAEMMERER, B.; VELISEK, J.; CEJPEK, K.; OBRETENOV, C. e CIOROI, M. **The nature of melanoidins and their investigation.** In: Ames JM (ed) **Melanoidins in food and health.** COST Action 919, vol 1. European Communities, Luxembourg. 1999a.

AMES, J.M.; WYNNE, A.; HOFMANN, A.; PLOS, S. e GIBSON, G.R. **The effect of a model melanoidin mixture on faecal bacterial populations in vitro.** Br J Nutr. v.82, p.489–495. 1999b.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists**, 18th ed. Arlington: A.O.A.C., 2005.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists** (method 926.12) Arlington: A.O.A.C., 1996a, chapter 33. p.5.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists** (method 900.02) Arlington: A.O.A.C., 1996b, chapter 44. p.3.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists** (method 991.20) Arlington: A.O.A.C., 1995a, chapter 33. p.10-12.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists** (method 920.39, C) Arlington: A.O.A.C., 1995b, chapter 33. p.10-12.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ (ADECE). **Exportações do Ceará no ano de 2010, com foco nos produtos do agronegócio.** Fortaleza: ADECE - Diretoria de agronegócios, 2011.

ANGLEMIER, F. e MONTGOMERY, W. Amino acids, peptides and proteins. In **O. R. Fennema** (Ed.), Principles of food science, part I: **Food chemistry** (pp. 262). New York: Marcel Dekker. 1975.

ASKAR, A. **Flavor alterations during production and storage of fruit juices.** *Fussiges Obst.* v.51, p.564–569, p.610–614, 1984.

ANDRADE NETO, J.C. **Competitividade na pequena produção agroindustrial: estudo na agroindústria da castanha de caju.** 2006. p.78. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2006.

- ANJO, D. F. A. Alimentos funcionais em angiologia e cirurgia vascular. **Jornal Vascular Brasileiro**, v. 3, n. 2, p.145-154, 2004.
- ARANGO, O. **The world cashew economy**. Bologna: 1994, 189 p.
- ARAÚJO, M.C. **Caracterização mecânica da castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.) para fins de beneficiamento e desenvolvimento de decortificador de cilindros rotativos**. 2005. p.108. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola – Máquinas Agrícolas) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- BABSKY, N.E.; TORIBIO, J.L.; LOZANO, J.E. Influence of storage on the composition of clarified apple juice concentrate. **Journal of Food Science**. v.51, p.564–567, 1986.
- BADUÍ, S. **Química de los Alimentos**. Editorial Alhambra. México. 1997. 645p.
- BAXTER, N. J.; LILLEY, T. H.; HASLAM, E.; WILLIAMSON, M. P. Multiple interactions between polyphenols and a salivary proline-rich protein repeat result in complexation and precipitation. **Biochemistry**, v. 36, p. 5566-5577, 1997.
- BELITZ, D. e GROSCH, W. Lipids. **Food chemistry**. Berlin: Springer-Verlag. p. 205, 1995.
- BESSA, M. J. C. **Arranjos produtivos locais de castanha de caju: uma análise comparativa entre os estados do Ceará e Rio Grande do Norte**. 2007.165 p. Dissertação (Mestrado em Administração de Empresas - Estratégia e Gestão Organizacional) – Universidade de Fortaleza, Fortaleza, 2007.
- BOBBIO, P.A.; BOBBIO, F.O. **Introdução à química de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Varela, 1995. 223p.
- BRASIL. Portaria nº 51, de 06 de março de 2009. Projeto de instrução normativa que estabelece o projeto de regulamento técnico da amêndoa da castanha de caju. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 10 de março de 2009, Seção 1, p. 5.
- BRIDLE, P.; TIMBERLAKE, C.F. Anthocyanins as natural food colours – selected aspects. **Food Chemistry**, v.58, n.1-2, p.103-109, 1997.
- BROUILLARD, R. The in vivo expression of anthocyanins colour in plants. **Phytochemistry**, v.22, p. 311-323, 1983.
- CÂMARA, C.R.S. **Indicadores de qualidade de amêndoas de castanha de caju em pedaços durante o processo industrial**. 2010. p.116. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos – Microbiologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Castanha de Caju, Julho de 2012**. Brasília: CONAB, 2012.
- CARABASA-GIRIBET, M.; IRBARZ-RIBAS, A. Kinetics of colour development in aqueous glucose systems at high temperatures. **Journal of Food Engineering**. v. 44, p.181- 189, 2000.

CAVALCANTE, C.E.B. **Atividade antioxidante total durante o processamento de amêndoas de castanha de caju (*Anacardium occidentale L.*)**. 2010. p.116. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

CHEN, C. M. Effects of extraction on reaction of bark extracts with formaldehyde. **Holzforschung**, v.45, n.2, p. 155 – 159, 1991.

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

CIE. Commission Internationale d'Eclairage. **Colorimetry**, Vienna: CIE Publication, 2 ed., 1986.

CMDMC – Centro Multidisciplinar para o Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos. Disponível em <http://www.liec.com.br/pesquisa/pigmentos/page2.php>. Acesso em: 02/08/2007.

COR – Wikipédia. Disponível em <http://pt.wikipedia.org/wiki/cor>. Acesso em: 22/11/2012.

CORANTES E PIGMENTOS: a química nas cores. Disponível em <http://quimica.ufsc.br/qmcweb/artigos/dye/corantes.html>. Acesso em: 03/11/2012.

DAMASCENO, L. F. **Estudo das interações polifenol-proteína e das reações de escurecimento não-enzimático para o processamento de cajuína**. 2007. p.87. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

DAMASCENO, L. F., FERNANDES, F. A. N., MAGALHÃES, M. M. A. e BRITO, E. S. Nonenzymatic browning in clarified cashew apple juice during thermal treatment: Kinetics and process control. **Food Chemistry**. v.106, p.172–179, 2008.

DUENAS, M.; HERNANDEZ, T.; ESTRELLA, I. Assessment of in vitro antioxidant capacity of the seed coat and the cotyledon of legumes relation to their phenolic contents. **Food Chemistry**. v.98, p.95-103, 2006.

DUENAS, M.; HERNANDEZ, T.; ESTRELLA, I. Occurrence of phenolic compounds in the seed coat and the cotyledon of peas (*Pisum sativum L.*). **European Food Research and technology**. v.219, p.116-123, 2004.

DUENAS, M.; SUN, B. A.; HERNANDEZ, T.; ESTRELLA, I.; SPRANGER, I. Proanthocyanidins composition in the seed coat of lentils (*Lens culinaris L.*). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v.51, p.2459-2463, 2003.

FERNANDES, P. H. S.; SOUZA, S. D. O. **Tecnologia de produtos de origem vegetal: processamento de frutas e hortaliças**. Uberlândia, p. 89-99, 2001.

- FIGUEIREDO, F. J. S.; FILHO, A. G. **Análise do Processo de Beneficiamento da Castanha de Caju Dentro do Princípio da Produção Segura**. In: INEGEP, 97, 1997, Gramado, 1997.
- FILGUEIRAS, H. A. C.; ALVES, R. E.; MOURA, C. F. H. Cajá (*Spondias mombim* L.). In: ALVES, R. E.; FILGUEIRAS, H. A. C.; MOURA, C. F. H. Org. **Caracterização de frutas nativas da América Latina**. Jaboticabal: UNESP/SBF, 2000.
- FRANÇA, F. M. C.; BEZERRA, F. F.; MIRANDA, E. Q.; NETO, J. M. S. **Agronegócio do caju no Ceará: cenário atual e propostas inovadoras** – Fortaleza: Federação das Indústrias do Estado do Ceará, Instituto de Desenvolvimento Industrial do Ceará, 2008. 106 p.
- FRANCIS, F.J. Food colorants: anthocyanins. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v. 28, p.273-314, 1989.
- GADELHA, N.C. e SILVA, C.E.M. Despeliculamento de amêndoas de castanha de caju tipo “durão” com uma enzima proteolítica. XXII Congresso Brasileiro de Fruticultura. Bento Gonçalves, **Anais**, 2012.
- GAVA, A. J.; SILVA, C. A. B.; FRIAS, J. R. G. **Tecnologia de Alimentos: princípios e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Nobel, 2008. 511p.
- GAZZOLA, J.; GAZZOLA, R.; COELHO, C. H. M.; WANDER, A. E.; CABRAL, J. E. O. A Amêndoa da castanha-de-caju: composição e importância dos ácidos graxos – produção e comércio mundiais. XLIV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural: questões agrárias, educação e movimento. Florianópolis, **Anais**, 2006.
- GERRARD, J. A.; BROWN, P. K.; FAYLE, S. E. Maillard crosslinking of food proteins I: the reaction of glutaraldehyde, formaldehyde and glyceraldehyde with ribonuclease. **Food Chem.**, v. 79, n. 3, p. 343-349, Nov 2002.
- GIL, M. I.; CHERIF, J.; AYED, N.; ARTÉS, F.; TOMÁS-BARBERÁN, F. A. Influence of cultivar, maturity stage and geographical location on the juice pigmentation of Tunisian pomegranates. **Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und -Forschung A**, Berlin. v. 201, n. 361, p. 361-364, 1995.
- GOMES, J. **Os frutos sociais do caju** – São Paulo: Fundação Banco de Brasil, 2010. 206 p.
- HARBORNE, J.B.; GRAYER, R.J., The anthocyanins. In: **The flavonoids: advances in research since 1980**. Chapman e Hall, London, 1988, p. 1-20.
- HOFMANN, T. **Isolation, separation and structure determination of melanoidins**. In: Ames JM (ed) **Melanoidins in food and health**. COST Action 919, vol 1. European Communities, Luxembourg.1999.
- HOLANDA, L.F.F. **Castanha de caju (*Anacardium occidentale* L.), processo mecânico de extração da amêndoa**. 1988. p.216. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 1988.

IBARZ, A., GARZA, S.; PAGÁN, J. Nonenzymatic browning of selected fruit juices affected by D-galacturonic acid. **International Journal of Food Science and Technology**. v.43, p.908–914, 2006.

IBARZ, A.; PAGÁN, J.; GARZA, S. Kinect models for colour changes in pear puree during heating at relatively high temperatures. **Journal of Food Engineering**. v.39, p.415-422, 1999.

IBARZ, A., CASERO, T., MIGUELSANZ, R. J. PAGA´ n. Efecto de la temperatura en la cinética de pardeamiento no enzimático en zumos clarificados de pera con diferentes contenidos en sólidos solubles. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**. v.29, p.530–536, 1989a.

IBARZ, A., CASERO, T., MIGUELSANZ, R. PAGA´ n, J. **Cinéticas de formación de hidroximetilfurfural en concentrado de zumo de pêra almacenado a diferentes temperaturas**. Alimentaria, v.199, p.81–84, 1989b.

IBGE. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2012.

IICA - INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERAÇÃO PARA A AGRICULTURA. **Estudo da cadeia produtiva do caju e validação de metodologia para acompanhamento dos sistemas agroindustriais**. Fortaleza: IICA - Banco do Nordeste do Brasil, 2009, 152 p.

JÚNIOR, H. S. F. Desafios para a cajulicultura no Brasil: o comportamento da oferta e da demanda da castanha de caju. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v.37, n.4, Out./Dez., 2006.

KAMATH, V.; RAJINI, P.S. The efficacy of cashew nut (*Anacardium occidentale* L.) skin extract as a free radical scavenger. **Food Chemistry**. v.103, p.428-433, 2007.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor: qualidade da percepção à instrumentação**. Japão, 1998.

KORNSTEINER, M.; WAGNER, K.; ELMADFA, I. Tocopherols ant total phenolics in 10 different nut types. **Food Chemistry**. v.98, p.381-387, 2006.

KWAK, E. J.; LIM, S. I. The effect of sugar, amino acid, metal ion, and NaCl on model Maillard reaction under pH control. **Amino Acids**. v.27, p. 85–90, 2004.

LAVINAS, F. C., ALMEIDA, N. C., MIGUEL, M. A. L., LOPES, M. L. M. e VALENTE MESQUITA, V. L. Study of the chemical and microbiological stability of cashew apple juice in different storage conditions. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.26, p.875–883, 2006.

LEDL F, SCHLEIDER E. New aspects of the maillard reaction in foods and in the human body. **Angew Chem Int Ed Engl**. v.29, p.565–594, 1990.

LEE, H. S.; NAGY, S. Relative reactivities of sugars in the formation of 5-hydroxymethyl sugar catalyst model systems. **Journal of Food Processing and Preservation**. v.14, p.171–178, 1990.

LEE, S. J.; UMANO, K.; SHIBAMOTO, T.; LEE, K. G. Identification of volatile components in basil (*Ocimum basilicum* L.) and thyme leaves (*Thymus vulgaris* L.) and their antioxidant properties. **Food Chemistry**, v. 91, n. 1, p. 131-7, 2005.

LIMA, A.C. **Estudo para a agregação de valor aos produtos de caju: elaborações de formulações de fruta e castanha em barras**. 2004. 173 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos – Unicamp, Campinas, 2004.

LIMA, E. D. **Estudo do despeliculamento da amêndoa da castanha de caju com aplicação de baixas temperaturas e ultra-som**. 2009. p. 74. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2009.

LIMA, J. R.; BRUNO, L. M. Estabilidade de pasta de amêndoa de castanha de caju. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, 27(4): 816-822, out.-dez. 2007.

LIMA, V.de P.M.S. – org. Cultura do cajueiro no Nordeste do Brasil. **Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste**, 1988, 486p.

LOPES, R. M., Oliveira, T. T; Nagem, T. J; Pinto, A. S. Flavonóides. **Biotecnologia: Ciência e Desenvolvimento**, n.3, p. 18-22, 2003.

MAIA, G. A.; MARTINS, C. B.; OLIVEIRA, G. S. F., *et al.* **Aproveitamento industrial do caju (*Anacardium occidentale*, L.)**. Fortaleza: Núcleo de Tecnologia Industrial (NUTEC), 1981.

MARKAKIS, P. **Stability of Anthocyanins in foods**. In: Markakis P (Ed) Anthocyanins in color foods. New York, Academic Press, 1982. p. 163-180.

M. A. J. S. VAN BOEKEL. Effect of heating on Maillard reactions in Milk. **Food Chemistry**. v.62, N° 4, pp. 403-414, 1998.

MELO, E. A.; GUERRA, N. B. Ação antioxidante de compostos fenólicos naturalmente presentes em alimentos. **Boletim SBCTA**. v. 36, n. 1, p. 1-11, 2002.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. Sensory Evaluation Techniques. 2 ed. Florida – USA : **CRC Press**, 1991. 354 p.

MEXIS, S.F., KONTOMINAS, M.G. Effect of g-irradiation on the physicochemical and sensory properties of cashew nuts (*Anacardium occidentale* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p.1501–1507, 2009.

MINOLTA. **Precise color communication: color control from perception to Instrumentation**. Japan: Minolta Co. Ltd., 2007. 59 p.

MONTEIRO, J. M.; ALBUQUERQUE, U. P.; ARAÚJO, E. L.; AMORIM, E. L. C. Taninos: uma abordagem da química à ecologia. **Química Nova**, v. 28, n. 5, p. 892- 896, 2005.

MORENO –ÁLVAREZ, M.J. ; PINTO, M.G.; GARCÍA, P. D.; BELÉN-CAMACHO, D.R. **Efecto del ácido cítrico sobre la madurez del tomate de árbol.** Rev. Fac. Agron. (LUZ). v.24, p.321-342, 2007.

NACZK, M.; SHAHIDI, F. Extraction and analysis of phenolics in food. **Journal of Chromatography A.** v.1054, p. 95 -111, 2004.

OHLER, J.G. Cashew. Amsterdã, Departament of Agricultural Researche. **Koninkiljk Intuit voor de Tropen**, 1979 (Communications,71).

PAIVA, F. F. A.; NETO, R. M. S.; PESSOA, P. F. A. P. Processamento de Castanha de Caju. Brasília: **EMBRAPA – Agroindústria Familiar**, 53p. 2006.

PAIVA, F. F. A. ; NETO, R. M.S. Industrialização da Castanha de Caju processo manual. 1. ed. Teresina: **SEBRAE/ PI.** v.1, 52 p., 2004.

PAIVA, F. F. A.; PESSOA, P. F. A. P.; LEITE, L. A. S.; NETO, R. M. S.; GARRUTI, D. S. e OLIVEIRA, V. H. Iniciando um pequeno grande negócio agroindustrial: castanha de caju. Brasília: **Embrapa - Agroindústria Tropical**, 131p. 2003.

PORTER, W. L. Paradoxical Behavior of antioxidants in food and biological systems. **Toxicology and Industrial Health**, Horsham, v. 9, n. 1-2, p. 93 - 122, 1993.

PRÉSTAMO, G.; MANZANO, P. Peroxidases of selected fruits and vegetables and the possible use of ascorbic acid as an antioxidant. **HortScience**, Alexandria, v. 28, n. 1, p. 48-50, Jan., 1993.

RATTANATHANALERK, M., CHIEWCHAN, N. e SRICHUMPOUNG, W. Effect of thermal processing on the quality loss of pineapple juice. **Journal of Food Engineering.** v.66, p.259–265, 2005.

REYNERTSON, K. A.; YANG, H.; JIANG, B.; BASILE, M. J.; KENNELLYC, E. J. Quantitative analysis of antiradical phenolic constituents from fourteen edible Myrtaceae fruits. **Food Chemistry**, London, v. 109, n. 4, p. 883-890, ago, 2008.

REYNOLDS, T.M. Chemistry of nonenzymatic browning. **I. Advances in Food Research.** v.12, p.1–52, 1963.

REYNOLDS, T.M. Chemistry of nonenzymatic browning. **II. Advances in Food Research.** v.14, p.167–183, 1965.

SANTOS, O. V. **Estudo das potencialidades da castanha-do-brasil: produtos e subprodutos.** 2012. p.215. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo – Faculdade de Ciências Farmacêutica, São Paulo, 2012.

SAPERS, G. M.; MILLER,R. L. Heated ascorbic/citric acid solution as browning inhibitor for pre-peeled potatoes. **J. Food Science.** p.762 – 776, 1995.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. Food phenolics, sources, chemistry, effects, applications. Lancaster: **Technomic Publishing Co.** 331 p., 1995a.

SHAHIDI, F.; NACZK, M. Food phenolics: souces, chemistry, effects and applications. Lancaster: **Technomic Publishing**. p. 281 – 319, 1995b.

SHIBAO, J. **Avaliação do teor de Produtos da Reação de Maillard (PRM) em cereais matinais e café**. 2010. p. 101. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo – Faculdade de Saúde Pública, São Paulo, 2010.

SILVA, F.A.S; AZEVEDO, C.A.V. Versão do programa computacional ASSISTAT para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v. 4, n. 1, p. 71-78, 2002.

SOARES, S. E. Ácidos fenólicos como antioxidantes. **Revista de Nutrição**, 15 (1): 71-81, 2002.

TORIBIO, J.L.; LOZANO, J.E. Non-enzymatic browning in apple juice concentrate during storage. **Journal of Food Science**. v.49, p.889–892, 1984.

TREVAS FILHO, V. **Tecnologia dos produtos do pedúnculo do caju**. Fortaleza, I Semana do caju. 101p., 1979.

TREVISAN, M. T. *et al.* Characterization of alkyl phenols in cashew (*Anacardium occidentale*) products and assay of their antioxidant capacity. **Food and Chemical Toxicology**, v. 44, p.188-197, 2006.

TROX, J.; VADIVEL, V.; VETTER, W.; STUETZ, W.; SCHERBAUM, V.; GOLA, U.; NOHR, D.; BIESALSKI, H. Bioactive Compounds in Cashew Nut (*Anacardium occidentale* L.) Kernels: Effect of Different Shelling Methods. **J. Agric. Food Chem.** v.58, p.5341–5346, 2010.

USDA BRASIL. **Análise da indústria de castanha de caju: inserção de micro e pequenas empresas no mercado internacional**. v.1, 74p., 2006.

USDA United States Department of Agriculture – **National Nutrient Database for Standard Reference**, 2009. Disponível em <http://www.nal.usda.gov/fnic/foodcomp/search/>. Acesso em: 05 de janeiro de 2013.

VENKATACHALAM, M.; SATHE, S. K. Chemical composition of selected edible nut seeds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 54, p.4705-4714, 2006.

VITTI, M. C. D.; KLUGE, R. A.; JACOMINO, A. P.; MORETTI, C. L. Alterações nos pigmentos de beterrabas minimamente processadas tratadas com ácido cítrico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 2, jul. 2003. Suplemento 2.

VOLP, A. C. P.; RENHE, I. R. T.; BARRA, K.; STRINGUETA, P. C. Flavonoides antocianinas: características e propriedades na nutrição e saúde. **Revista Brasileira de Nutrição Clínica**, v.23, n. 2, p.141-9, 2008.

WILEY, R. C. **Minimally processed refrigerated fruits and vegetables**. New York: Chapman e Hall. 368p., 1994.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Análise de variância dos dados de compostos fenólicos, hidroximetilfurfural (HMF), luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) em amêndoas de castanha de caju despelculada submetidas a diferentes fontes de vapor.

F.V	G.L	Quadrado Médio				
		Compostos Fenólicos (mg de AG/100g)	HMF (mg HMF/100g)	L*	a*	b*
Tratamentos	3	109.769**	58.567**	45.955**	3.784**	10.521*
Resíduo	12	0.01272	0.00610	3.12374	0.10019	2.26999
C.V (%)		0,38	1,83	2,49	14,79	5,29

** significativo a 1%; * significativo a 5%, pelo teste F.

APÊNDICE B - Análise de variância dos dados de compostos fenólicos e pigmentos hidrossolúveis (Pigmentos) em películas de amêndoas de castanha de caju submetidas a diferentes fontes de vapor.

F.V	G.L	Quadrado Médio	
		Compostos Fenólicos (mg de AG/100g)	Pigmentos (Unidades de cor)
Tratamentos	3	14433.81161**	59.95663**
Resíduo	12	0.12266	0.01920
C.V (%)		0,18	1,24

** significativo a 1%; * significativo a 5%, pelo teste F.