



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA QUÍMICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA

**VALÉRIA MELO DE SOUZA**

**PROCESSO DE SECAGEM DA GOMA DO CAJUEIRO (*Anarcadium occidentale* L.)  
E SUAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS.**

FORTALEZA  
2011

**VALÉRIA MELO DE SOUZA**

**PROCESSO DE SECAGEM DA GOMA DO CAJUEIRO (*Anarcadium occidentale* L.)  
E SUAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS.**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Química. Área de Concentração Processos Químicos e Bioquímicos.

Orientador: Prof. Dr. Edy Sousa Brito

Co-orientador: Prof. Dr. Fabiano André Narcisio Fernandes

FORTALEZA  
2011

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

---

S719p

Souza, Valéria Melo de.

Processo de secagem da goma do cajueiro (*Anacardium occidentale L.*) e suas propriedades tecnológicas / Valéria Melo de Souza. – 2011.

83 f. : il. color., enc. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Fortaleza, 2011.

Área de Concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.

Orientação: Prof. Dr. Edy Sousa Brito.

Coorientação: Prof. Dr. Fabiano André Narcisio Fernandes.

1. Anacardium. 2. Gomas vegetais. 3. Viscosidade. 4. Conservação de alimentos I. Título.

---

CDD 660

**PROCESSO DE SECAGEM DA GOMA DO CAJUEIRO (*Anarcadium occidentale* L.)  
E SUAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS.**

Dissertação submetida à apreciação da banca examinadora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química. Área de concentração: Processos Químicos e Bioquímicos.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida desde que seja feito em conformidade com as normas da ética científica.

Aprovada em \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

---

Valéria Melo de Souza

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Edy Sousa Brito (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Fabiano André Narciso Fernandes (Co-Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dra. Henriette Monteiro Cordeiro de Azeredo  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Nágila Maria Pontes Silva Ricardo  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Dedico à Deus, meus pais Francisco e Joana,  
meu querido marido Marcelo e meus irmãos  
Valquíria e Wagner por todo apoio e incentivo.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por me dar todas as ferramentas para que eu continue a construir a minha história profissional.

Aos meus pais, por serem os primeiros a acreditar em mim e por terem me ensinado aquilo que não se aprende no Colégio ou Faculdade.

Ao meu marido Marcelo, pelo amor, carinho, companheirismo e incentivo.

A minha irmã Valquiria, que sempre incentiva e valoriza cada conquista alcançada como se fosse à primeira.

A meu irmão Wagner pela paciência e apoio nos experimentos durante o projeto.

Ao Prof. Dr. Edy Sousa Brito, pela disponibilização da orientação neste curso, pelos ensinamentos, incentivo e atenção sempre dispensada.

Ao Prof. Dr. Fabiano Fernandes, pela co-orientação, pela confiança, incentivo e respeito.

A Prof. Dra. Suely e ao professor José Maria, pela orientação e atenção sempre dispensada durante a realização dos experimentos e pela disponibilidade de seus respectivos laboratórios.

Aos pesquisadores da Embrapa Agroindústria Tropical Dra. Henriette Monteiro e Dra. Socorro Bastos, pela atenção, amizade durante as realizações dos experimentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio e incentivo, que proporcionou o desenvolvimento desta pesquisa.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), através de sua unidade Embrapa – Agroindústria Tropical, onde foi executada a maioria das análises laboratoriais.

Ao professor Marcos Sazaki, que disponibilizou o Laboratório de Raios-X (RX) do Departamento de Física da UFC, para o desenvolvimento das análises de minerais.

Ao funcionário da EMBRAPA - Hilton, que me ajudou durante as análises.

A minha amiga Manuella, pela amizade e companheirismo.

A minha amiga Sandra Maria, pela amizade e ajuda em todos os momentos que precisei com sua paciência e disponibilidade.

Aos meus professores do Mestrado, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos colegas de mestrado Leyse, Francisca, Cleiton, Kerolaine, Assis, Milena, Tatiana e Marylane pela amizade e experiências vividas.

Enfim á todos que me ajudaram de alguma forma e que não citei aqui, mas que com certeza foram fundamentais nessa conquista.

## RESUMO

Países tropicais, como o Brasil, são depositários de uma grande variedade de fontes de polissacarídeos vegetais conhecidos e outros ainda não explorados que possuem grande potencial em aplicações industriais.

A goma de cajueiro pode ser citada como um desses polissacarídeos. Algumas pesquisas reportam a possibilidade do uso da goma de cajueiro em vários setores e por sua semelhança estrutural com a goma arábica, tem sido sugerida como substituta.

Sendo assim, este projeto se propõe a aumentar o conhecimento existente sobre as propriedades tecnológicas da goma de cajueiro e avaliar o real potencial de substituição da goma arábica.

Para tanto, serão realizados os diferentes métodos a secagem após a purificação da goma, e análises físico-químicas, reológicas e tecnológicas . A liberação do uso industrial da goma do cajueiro seria um grande avanço, especialmente para a indústria de alimentos, onde o material encontraria inúmeras aplicações, substituindo (com vantagens econômicas) a goma arábica, e podendo ser utilizada em aplicações para as quais a goma arábica não é usada por razões econômicas.

Eventualmente, a produção industrial da goma de cajueiro poderia proporcionar ao Brasil a independência de importação de goma arábica, e também inserir um produto altamente competitivo em sua pauta de exportações.

Este trabalho teve como objetivo o estudo diferentes métodos de secagem da goma do cajueiro (*Anarcadium occidentale* L), avaliando suas propriedades tecnológicas .

Observou-se que algumas características da goma do cajueiro os teores de umidade, cinzas, atividade de água e pH foram determinados para a goma nos vários métodos de secagem. Os teores de minerais (Na, Ca, K, Mg) presente na goma foram analisados através do método de raio X. O teor de proteína, no entanto não diminuiu significativamente ao longo da secagem, o que pode ser um indicativo de que ela se encontra agregada ao polissacarídeo.

O teor de solubilidade, higroscopicidade, viscosidade, capacidade de absorção de água e óleo foi determinado ao longo de todos os métodos de secagem.

## ABSTRACT

Tropical countries such as Brazil, are deposits of a variety of sources of plant polysaccharides known and others not yet explored that have great potential in industrial applications.

The cashew tree gum may be cited as one of these polysaccharides. Some studies report the possibility of using cashew gum in various sectors and for their structural similarity to the gum arabic, has been suggested as a replacement.

Therefore, this project proposes to increase the existing knowledge on the technological properties of cashew gum and evaluate the real potential replacement of gum arabic

To do so, will perform the different drying methods after purifying the gum, and physical-chemical, rheological and technological. The release of industrial use of cashew gum would be a breakthrough, especially for the food industry, where the material would find numerous applications, replacing (with economic advantages) gum arabic, and can be used in applications for which gum arabic is not used for economic reasons.

Eventually, the industrial production of cashew gum could give Brazil independence from imports of gum arabic, and also enter a highly competitive product in its exports

This work aimed to study different methods of drying of cashew gum (*Anarcadium occidentale* L), evaluating their technological properties.

It was observed that some characteristics of cashew gum the moisture, ash, water activity and pH were determined for the starch in the various drying methods. The levels of minerals (Na, Ca, K, Mg) present in the gum were analyzed using the method of X-ray The protein content, but did not decrease significantly during drying, which may indicate that it is aggregated to the polysaccharide.

The level of solubility, hygroscopicity, viscosity, water absorption capacity and oil was determined over all drying methods.

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Resina da Goma do Cajueiro	15
FIGURA 2	Resina da Goma Arábica	18
FIGURA 3	Representação ilustrativa dos diferentes tipos de secagem	27
FIGURA 4	Curvas típicas de secagem.	28
FIGURA 5	Representação esquemática do fluxo de um líquido entre duas placas paralelas .	30
FIGURA 6	Goma do Cajueiro exsudada do caule (A) e aspecto do material coletado (B)	35
FIGURA 7	Processo de purificação da goma do cajueiro	36
FIGURA 8	Princípio de viscosidade rotacional	43
FIGURA 9	Taxa de secagem da goma do cajueiro em secador convencional na temperatura de 60 °C	47
FIGURA 10	Taxa de secagem da goma do cajueiro em secador convencional na temperatura de 70 °C	47
FIGURA 11	Taxa de secagem da goma do cajueiro em secador convencional na temperatura de 80 °C	48
FIGURA 12	Umidade presente na goma do cajueiro expressa em base seca obtida em secador convencional a 60 °C	48
FIGURA 13	Umidade presente na goma do cajueiro expressa em base seca obtida em secador convencional a 70 °C	49
FIGURA 14	Umidade presente na goma do cajueiro expressa em base seca obtida em secador convencional a 80 °C	49
FIGURA 15	Taxa de secagem da goma do cajueiro em secador infravermelho na temperatura de 60 °C	51
FIGURA 16	Taxa de secagem da goma do cajueiro em secador infravermelho na temperatura de 70 °C	51
FIGURA 17	Taxa de secagem da goma do cajueiro em secador infravermelho na temperatura de 80 °C	52
FIGURA 18	Umidade presente na goma do cajueiro expressa em base seca obtida em secador convencional a 60 °C	53
FIGURA 19	Umidade presente na goma do cajueiro expressa em base seca obtida em secador convencional a 60 °C	53
FIGURA 20	Umidade presente na goma do cajueiro expressa em base seca obtida em secador convencional a 60 °C	54

FIGURA 21	Viscosidade $\eta_{\text{esp}}/c$ versus concentração da goma do cajueiro	65
FIGURA 22	Viscosidade Intrínseca da goma do cajueiro a 2% em diferentes diluições	66

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Classificação das gomas industriais quanto a sua natureza	11
TABELA 2	Composição molar dos carboidratos de goma de caju	16
TABELA 3	Rendimento da Goma do Cajueiro Purificada	45
TABELA 4	Rendimento da Goma do Cajueiro após os tipos de secagens diferentes	46
TABELA 5	Valores médios da caracterização físico-química da goma do cajueiro	54
TABELA 6	Teor de Proteínas das gomas de cajueiro por vários métodos de secagem	57
TABELA 7	Teor de Minerais	58
TABELA 8	Rotação Ótica	59
TABELA 9	Análise da cor das gomas de cajueiro por vários métodos de secagem.	61
TABELA 10	Análise instrumental do suco de abacaxi com 1% de goma de cajueiro de diferentes secagens	61
TABELA 11	Teste de Fluidez na goma do cajueiro.	62
TABELA 12	Distribuição dos tamanhos de partículas da Goma do Cajueiro nos diferentes tipos de secagem.	67
TABELA 13	Capacidade de absorção de água (CAA) e Capacidade de absorção de óleo (CAO) da goma do cajueiro em diferentes tipos de secagem.	67

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Propriedades gerais das gomas	11
2.2	Considerações gerais sobre as gomas exsudadas	12
2.3	Classificações das gomas exsudadas.	13
2.4	Comparação entre as gomas do cajueiro ( <i>Anarcadium occidentale</i> L.) e goma arábica ( <i>Acacia Senegal</i> )	14
2.5	Processo de Purificação da goma do cajueiro	19
2.6	Processo de Secagem	20
2.7	Cinética de Secagem.	26
2.8	Reologia	29
2.9	Análises Reológicas de Gomas de exsudados	32
3	MATERIAIS E MÉTODOS	35
3.1	Matéria- prima	35
3.2	Purificação da goma do cajueiro	35
3.3	Métodos de Secagem	37
3.4	Estudo da cinética no secador de bandeja e infravermelho	38
3.5	Análise físico-químicas	38
3.5.1	Umidade	38
3.5.2	Cinzas	39
3.5.3	Nitrogênio Total ( proteína bruta)	39
3.5.4	Teor de minerais	40
3.5.5	pH	40
3.5.6	Atividade de água	40
3.5.7	Rotação Ótica	41
3.5.8	Solubilidade	41
3.5.9	Higroscopicidade	41
3.5.10	Colorimetria	41
3.6	Análise Reológica	42
3.6.1	Análise de Fluides	42
3.6.2	Viscosidade aparente	42
3.6.3	Viscosidade Intrínseca	43
3.7	Análise Tecnológica	43
3.7.1	Capacidade de absorção de água ( CAA)	43

3.7.2	Capacidade de absorção de óleo (CAO)	44
4	RESULTADO E DISCUSSÃO	45
4.1	Resultados do Processo de Precipitação e Purificação da Goma do Cajueiro	45
4.2	Estudo da Cinética de secagem	46
4.2.1	Cinética de secagem da goma do cajueiro em secador convencional de bandeja	46
4.2.2	Cinética de secagem da goma do cajueiro em secador infravermelho	51
4.3	Análise física-químicos	54
4.3.1	Resultados de Umidade, Cinzas, Atividade de água, pH	54
4.3.2	Teores de Nitrogênio e Proteína	57
4.3.3	Teor de Minerais	58
4.3.4	Rotação Ótica	59
4.3.5.	Solubilidade	59
4.3.6	Higroscopicidade	60
4.3.7	Colorimetria	60
4.4	Análises reológicas	62
4.4.1	Resultados do teste de fluidez	62
4.4.2	Viscosidade Absoluta	63
4.4.3	Viscosidade Intrínseca	64
4.5	Análises tecnológicas	66
4.5.1	Capacidade de absorção de água (CAA) e Capacidade de absorção de óleo (CAO)	66
5	Conclusões	67
6	Referências bibliográficas	69

## 1 INTRODUÇÃO

Transformar biodiversidade em desenvolvimento, através do seu uso sustentável e de seus recursos, é um grande desafio. A etapa inicial para vencer esse desafio é transformar o conhecimento em valores econômicos e ao bem-estar da população, uma das maiores preocupações das sociedades atuais. Diversos produtos utilizados pela sociedade têm como fonte a flora brasileira. Medicamentos, alimentos, aditivos, fibras, óleos naturais e essenciais, cosméticos, bicomustíveis são alguns exemplos. Temos inúmeras espécies vegetais que podem ter seus compostos químicos extraídos. Uma delas é representada pelos polissacarídeos. Pretende-se discorrer sobre o estado atual do conhecimento científico dos polissacarídeos da biodiversidade brasileira, e pontuar o potencial e a necessidade de aplicação industrial.

As gomas de exsudados vegetais são utilizadas nas indústrias alimentícias, cosméticas, farmacêuticas, entre outras, devido às suas propriedades de formarem soluções viscosas ou até mesmo géis. Sabe-se que tais características têm relação com a estrutura química do polissacarídeo que as compõem (WHISTLER, 1993).

Apesar da riqueza da flora brasileira, pouco se conhece e se investe nas gomas produzidas por ela e, desta maneira, o Brasil destina um grande aporte financeiro para a importação de gomas. A importação da goma arábica (originária do Senegal), por exemplo, custa ao Brasil cerca de U\$1.900.000,00 por ano (BARBOSA, 2003).

O cajueiro, espécie nativa brasileira amplamente cultivada na região Nordeste, destacando-se nesta região os estados do Ceará, Piauí e do Rio Grande do Norte. O cajueiro produz uma goma que muito se assemelha a goma arábica, tanto na estrutura química básica quanto em suas propriedades físico-químicas, sendo por isso, exemplo de goma brasileira já utilizada como substituta da goma arábica no mercado interno (BARBOSA, 2003).

As gomas são classificadas industrialmente em gomas naturais, modificadas e sintéticas. As gomas naturais são compostas principalmente por heteropolissacarídeos complexos e apresentam compostos protéicos em baixa proporção (CHURMS *et al*,1986). Incluem nesta categoria os exsudados de plantas (arábica, karaia e tragacanth), as gomas extraídas de algas (Agar, alginato e carragena), as gomas extraídas de sementes (guar e marmeiro), e as gomas obtidas por fermentação microbológica (dextrana e xantana). As gomas modificadas são derivadas de polissacarídeos insolúveis em água na forma natural, por

---

exemplo, a celulose. As sintéticas são macromoléculas que apresentam propriedades semelhantes às gomas naturais e por isso são denominadas industrialmente de goma (JOHN, 1987).

O Brasil ocupa a 4<sup>o</sup> posição na produção mundial na plantação de cajueiro e esta produção é concentrada na região Nordeste do país devido ao clima tropical necessário para o seu desenvolvimento. Segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), no ano de 2006 a produção de áreas cultivadas com cajueiro era de 710.404 hectares.

A goma do cajueiro (*Anacardium occidentale* Lineu) é um heteropolissacarídeo constituído da galactose (73%), arabinose (5%), glicose (11%), ramnose (4%), manose (1%) e ácido glucurônico (6,3%) (DE PAULA; RODRIGUES).

A exsudação da goma é simples e muitas vezes espontânea. A produção média de goma/planta/ano é de 700 g (BANDEIRA, 1991). Tomando em consideração que o adensamento médio é de 100 plantas/ hectares, a possibilidade de produção da goma/ano seria de 50.000 toneladas, quantidade superior à importada de goma arábica. Em 2008 essa quantidade foi de 6.700 toneladas. A extração da goma é uma forma de agregar valor a cajucultura, sendo um grande potencial por ser substituta da goma arábica para a aplicação na indústria de alimentos, fármacos e cosméticas.

O uso de gomas naturais, provenientes dos exsudatos e extratos de plantas, vêm tomando impulso por múltiplas e lucrativas possibilidades de industrialização, pois a alta produção de cajueiros na região Nordeste do Brasil, aliada à busca por gomas naturais potencialmente úteis na indústria, motivou a análise física, química, reológica e tecnológica das gomas dos exsudatos produzida pelo cajueiro (*Anacardium occidentale* L.). O processo de purificação dos polissacarídeos presentes na goma do cajueiro foram objetos de estudo deste trabalho.

A importância e a justificativa da realização desta pesquisa podem ser embasadas nos seguintes aspectos.

O Nordeste do Brasil é responsável por 85% da produção nacional anual de caju. Aliado a isso, o cajueiro é altamente susceptível à produção de goma, processo este denominado “gomose”, especialmente devido ao constante processo de poda, que propicia a invasão de microrganismos elicitores;

Existe uma necessidade de se buscar gomas de espécies brasileiras potencialmente úteis na indústria para substituir as gomas importadas. Além disso, a pesquisa em gomas

---

brasileiras apresenta uma perspectiva de sustentabilidade. Uma plantação de cajueiros poderia gerar, além dos pseudofrutos, subprodutos úteis e economicamente valiosos para os produtores, com um custo menor do que é destinada a importação. Aliado a isto, maior seria a demanda de mão- de- obra, gerando mais emprego.

A caracterização química fina do polissacarídeo presente na goma é um requisito importante para as análises, físico-química, reológica e tecnológica e futuras aplicações industriais.

Este trabalho visou avaliar diferentes métodos de secagem da goma do cajueiro e estudar seus efeitos sobre as características físico-químicas, reológicas e tecnológicas da referida goma. Além disso, buscou-se estudar a cinética de secagem do processo de bandeja convencional e infravermelho.

---

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Propriedades Gerais das Gomas

Originalmente, o termo goma foi aplicado a uma ampla faixa de compostos, incluindo polissacarídeos, terpenos, proteínas e polímeros sintéticos. Hoje o termo é utilizado, mais especificamente, para polissacarídeos e seus derivados, que hidratados em água fria ou quente, formando soluções viscosas ou dispersões (MOORHOUSE, 1987).

Elas são classificadas industrialmente em gomas naturais, modificadas e sintéticas de acordo com a tabela 1.

Tabela 1 – Classificação das gomas industriais quanto a sua natureza

<b>Gomas</b>		
<b>Naturais</b>	<b>Modificadas</b>	<b>Sintéticas</b>
<b>* Exsudados de Plantas</b>	Carboximetilcelulose	Álcool polivinílico
- Goma Arábica	Hidroximetilcelulose	Álcool poliacrílico
- Goma caraia	Hidroxietilcelulose	Poloacrilamida
- Goma Tragacanth	Carboximetilamido	Polióxido de etileno
	Hidroxipropilamido	
<b>* Extraídas de Algas</b>	Carboximetilguar	
- Agar	Alginato de propileno glicol	
- Alginato		
- Carragena		
<b>* Extraídas de sementes</b>		
- Guar		
- Marmeleiro		
<b>*Fermentação Microbiológica</b>		
- Dextrana		
- Xantana		

Fonte: MOORHOUSE (1987).

As gomas naturais são compostas principalmente por heteropolissacarídeos complexos e apresentam também compostos protéicos em baixa proporção. Incluem-se nesta categoria os exsudados de plantas, as gomas extraídas de algas e de sementes e as obtidas por fermentação microbiológica. As gomas modificadas são as derivadas de polissacarídeos

insolúveis em água na forma natural, por exemplo, a celulose. As sintéticas são macromoléculas que apresentam propriedades semelhantes as das gomas naturais e por isso são determinadas industrialmente de goma (MOORHOUSE, 1987).

Algumas resinas naturais exsudadas de árvores são comercializadas, erroneamente, com a denominação de goma, como por exemplo, “a goma copal”. Estas resinas, diferentemente das gomas, são insolúveis em água, forma soluções em solventes orgânicos e óleos vegetais e quando aquecidas se fundem (ANDERSON; DOUGALL, 1987).

As gomas, em geral, expandem-se em água para formar soluções viscosas. A afinidade por água, exibida pela goma arábica, não é características de todas as gomas, entretanto, a água é o solvente comum para todas elas. A solubilidade ou intumescência varia com o tipo de goma. Elas são ditas solúveis em água quando formam soluções transparentes, como por exemplo, a goma arábica. As insolúveis, representadas pela *tragacanth*, absorvem água intumescendo em um gel e, com adição suficiente de água, formam uma solução transparente e densa. Existem gomas que possuem um comportamento intermediário, como a goma Pérsia, que são parcialmente solúveis (ANDERSON; DOUGALL, 1987).

As soluções de polissacarídeo são freqüentemente caracterizadas por fenômenos de agregação ou precipitação, os quais são provavelmente resultantes da formação de ligações de hidrogênio inter e intramoleculares. As soluções das gomas possuem características coloidais e exibem estrutura em forma de gel em uma ampla faixa de concentração. As soluções coloidais manifestam baixa tensão superficial, não cristalizam e atuam prevenindo a aglomeração e conseqüentemente floculação de partículas finamente divididas. Estas propriedades fazem das gomas produtos extremamente valiosos em processos industriais.

## **2.2 Considerações Gerais sobre as gomas exsudadas**

O termo goma é utilizado, de uma maneira geral, para definir moléculas hidrofílicas ou hidrofóbicas de alta massa molecular que possuem propriedades coloidais (WHISTLER, 1973). Na indústria, são chamados de goma os polissacarídeos de origem vegetal como a goma arábica, alginatos, agarose e os de origem microbiana como a xantana e succinoglicana (MOORHOUSE, 1987).

As gomas de exsudados vegetais são aquelas substâncias de origem vegetal através de frutos, galhos ou troncos das árvores. Elas são produzidas espontaneamente como

---

parte do metabolismo normal da planta ou, mais frequentemente, em resposta à injúrias mecânicas ou invasão microbiana. Desta forma, acredita-se que sua biossíntese esteja envolvida com algum mecanismo protetor do vegetal (MARQUES E XAVIER FILHO, 1991). Além disso, a adaptação do vegetal é determinada por condições climáticas que pode provocar a produção destas gomas, processo este designado “gomose fisiológica” (POSER, 2000).

Os polissacarídeos são, sem dúvida, os componentes mais abundantes nas gomas de exsudados. Entretanto, foi descrita a presença de oligossacarídeos livres redutores como componentes glicídicos minoritários (DELGOBO *et al.*, 1998; MENESTRINA *et al.*, 1998; TISCHER; GORIN; IACOMINI, 2002). Algumas gomas ainda possuem proteínas e enzimas como oxidases (peroxidases e polifenoloxidasas) e quitinases, envolvidas na resposta do vegetal a infecções por patógenos (MARQUES e XAVIER FILHO, 1991). A presença de compostos fenólicos também foi detectada, sendo estes envolvidos em mecanismos de defesa antioxidante.

Dentre as gomas de exsudados mais utilizados na indústria estão a goma arábica, karaya, ghatthi e tragacanta. Elas podem ser empregadas nas indústrias de detergentes, têxtil, de adesivos, de papel, de tintas, alimentícia, farmacêutica e de cosméticos (WHISTLER, 1993; RODRIGUES; PAULA; COSTA, 1993). Nestas indústrias, as gomas são utilizadas como agentes espessantes, geleificantes, emulsificantes, flocculantes, clarificantes, encapsuladores, estabilizadores de espuma e de suspensão, entre outros (BeMILLER, 1987).

### **2.3 Classificações das gomas de exsudados**

As gomas de exsudados podem ser classificadas com base tanto nas características químicas, físicas e físico-químicas como na estrutura química detalhada dos polissacarídeos que as compõem. Smith e Montgomery (1959) propuseram a classificação de acordo com as propriedades físicas como viscosidade e solubilidade e com relação à presença ou ausência de ácidos urônicos.

A classificação também pode ser baseada na estrutura química do polissacarídeo presente na goma. Com base neste critério, Aspinall (1969) classificou as gomas conforme a estrutura das cadeias internas dos polissacarídeos, sendo este bastante similar às estruturas de polissacarídeos típicos de parede celular vegetal como galactanas, pectinas e hemicelulose. Assim, as gomas do grupo das galactanas possuem cadeia principal de galactose, as do grupo

---

das galacturonanas apresentam cadeia principal de ácido galacturônico, as glucurononanas possuem cadeia principal de manose e ácido glucurônico e as xilanas com cadeia principal de xilose.

Uma classificação mais completa foi proposta por Stephen (1983) onde a classificação leva em consideração não apenas a cadeia principal, mas também as cadeias laterais do polissacarídeo que compõem a goma.

Não existem estudos específicos sobre a biossíntese das gomas. Acredita-se que a produção de goma nas plantas seja resultante de um mecanismo de defesa de natureza física ao ataque de fungos e bactérias. Fatores naturais que diminuem a vitalidade da planta, como solos pobres em nutrientes e condições climáticas desfavoráveis, estimulam a produção de goma (ROSENTHAL, 1955). A formação de exsudatos pode ser induzida também por incisão deliberada nas plantas, bem como por introdução no tronco de agentes químicos, como óxido de etileno e derivados do ácido benzóico.

#### **2.4 Comparação entre a goma do cajueiro (*Anacardium occidentale*) e a goma arábica (*Acacia Senegal*).**

- **Goma do Cajueiro**

A goma do cajueiro é obtida pelo exsudado do gênero *Anacardium occidentale* L. pertence à família *Anacardiaceae*, havendo mais de 12 espécies relacionadas ao gênero *Anacardium*.

O cajueiro é largamente encontrado no mundo tropical, e sua exploração econômica restringe-se, principalmente, a Índia, Brasil, Moçambique, Quênia e Tanzânia. No Brasil, a cultura do cajueiro ocupa uma vasta área de plantação, praticamente toda no Nordeste, onde os Estados do Ceará, Piauí e Rio Grande do Norte respondem por 95% da produção nordestina (LIMA *et al.*, 2001).

---



Figura 1 – Resina da goma do cajueiro

Devido à importância da cultura do cajueiro em algumas regiões brasileiras, especialmente no Nordeste, o conhecimento das características da goma e as pesquisas realizadas sobre o seu potencial biotecnológico despertam grande interesse científico. A goma do cajueiro apresenta uma grande possibilidade de produção comercial, pois a produção média de goma/planta/ano é de 700 g.

O cajueiro é uma árvore de múltiplo uso, que se desenvolve, geralmente, em solos arenosos secos, nas planícies centrais do Brasil, e é cultivada em várias regiões da floresta amazônica. A árvore cresce mais de 15 metros e possui tronco espesso e tortuoso com galhos tão longos que frequentemente, atingem o solo (SMTH *et al.*, 1992).

Dentre os polissacarídeos, a goma de cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) possui em sua composição, após hidrólise, em torno de 82% dos glicosídeos, galactose e arabinose (Tabela 2).

O cajueiro permite a utilização de todos os seus componentes desde a raiz até às folhas, passando pela amêndoa e pseudofruto, no caso específico da seiva ou goma do cajueiro pode ser usada como substituta da goma arábica.

---

Tabela 2 - composição molar dos carboidratos da goma do cajueiro

Monossacarídeos	Composição Molar (%)
Ácido Glucorônico	0,52
Arabinose	11,84
Galactose	69,78
Glucose	9,78
Mannose	0,97
Rhamnose	2,28
Xilose	1,29

Fonte: Botelho (1999).

A goma do cajueiro (*Anacardium occidentale*) surge como um material interessante que é um heteropolissacarídeo constituído de galactose (73%), arabinose (5%), glicose (11%), ramnose (4%), manose (1%) e ácido glucurônico (6,3%) (PAULA, 1995). Seus teores de proteínas e lipídios são muito baixo, cerca de 0,5 e 0,006%, respectivamente (AZZEZ, 2005).

A estrutura química da goma do cajueiro é bastante similar à da goma arábica, é formada basicamente por unidades de galactose unidas por ligações  $\beta$ - (1→3) e cadeias ramificadas unidas por ligações  $\beta$ - (1→6) (ZAKARIA; RAHMAN,1996; PAULA *et al.*, 2002), podendo, por isso a goma arábica ser substituída pela goma do cajueiro, conforme ROSENTHAL (1951).

A goma do cajueiro interage com a água, sendo bom emulsificante, adesivo e estabilizador de soluções, própria para substituir a goma arábica (MOTHÉ; RAO, 2000).

A goma do cajueiro apresenta coloração amarelada, solúvel em água, possui estrutura química semelhante á goma arábica apresenta grande potencial de industrialização. È um produto não tóxico, sendo utilizado como cola líquida para papel e é muito usada na encadernação de livros por apresentar ação fungicida quando misturada á água. O uso na fabricação de tintas e vernizes já vem sendo pesquisado. Na indústria farmacêutica, é utilizada em cosméticos e como aglutinante e comprimidos, e na indústria de alimentos, como estabilizante de sucos, cervejas e sorvetes, bem como clarificante de sucos podendo também ser utilizada na fabricação de vinho de caju (AZZEZ, 2005).

A extração da goma do cajueiro representa mais uma fonte de lucros para o produtor, além da castanha e do pedúnculo, bem como uma alternativa para o aproveitamento dos cajueiros improdutivos, em fase de declínio e senescência. A goma do cajueiro não pode acabar com a importação da goma arábica, produto bastante oneroso para o Brasil, como também pode vir a ser um produto de exportação de grande importância (BARBOSA, 2009).

Economicamente, a exploração da goma de cajueiro para fins de industrialização representaria uma grande vantagem já que o Brasil, o consumo da goma arábica é totalmente dependente do mercado externo, com investimentos de US\$ 1.920.000,00 ao ano somente com sua importação.

Ainda não existem estudos específicos sobre a biosíntese das gomas; no entanto, acredita-se que sua produção nas plantas seja resultante de um mecanismo de defesa de natureza física ao ataque de fungos e bactérias. Fatores naturais, tais como solos pobres em nutrientes e condições climáticas desfavoráveis, estimulam a produção de gomas. A formação da resina do cajueiro pode ser induzida, também, por incisão deliberada nas plantas, bem como o óxido de etileno e derivados do ácido benzóico. Depois de retirada da planta, faz-se o isolamento da goma, ou seja, a separação do polissacarídeo das impurezas presentes no bruto. A seguir, vem à etapa de purificação, que consiste na transformação dos grupamentos ácido do material isolado para a forma carboxilato. As etapas de isolamento e purificação das gomas influenciam fortemente as suas características gerais, cujo controle é essencial para aplicação industrial

Atualmente, existe uma tendência para o uso de materiais biodegradáveis e oriundos de fontes renováveis. Países tropicais como o Brasil são depositários de uma grande variedade de fontes conhecidas e de outras ainda não exploradas de polissacarídeos vegetais, com grande potencial industrial. A goma do cajueiro, inclusive, pode ser citada como um desses polissacarídeos. Algumas pesquisas reportam a possibilidade do uso da goma de cajueiro em vários setores, porém, sua aplicação em nível industrial ainda não foi citada.

- **Goma arábica**

O gênero *Acacia* da família das leguminosas é conhecido pelo grande número de espécies que produzem exsudados gomosos. A espécie mais conhecida é a *Acacia senegal*, da

---

qual a goma arábica é extraída. O maior produtor de goma arábica é o Sudão com cerca de 75% da produção mundial (JONH; SONS, 1980).

A árvore *Acacia senegal* somente produz gomas em condições adversas, com pouca umidade, solo pobre em nutrientes e temperatura elevada (ANDERSON; DOUGALL, 1987). Para a extração da goma são produzidas incisões nos troncos durante a estação seca. A produção média é de 250 g por árvore por ano (SMITH, 1959).



Figura 2. Resina da goma arábica

A goma arábica é um polissacarídeo ácido ramificado contendo galactose, ramnose, arabinose e ácido glucurônico (ANDERSON; STODDATR, 1966). Uma possível estrutura foi proposta por Anderson *et al.* (1966a), através de estudos de degradação.

As propriedades da goma arábica são afetadas pela espécie de planta, pelas condições climáticas no tempo da exsudação e pelas condições de armazenamento. Ela é solúvel em água fria ou quente e soluções de até 50% da goma podem ser preparadas. A viscosidade das soluções é baixa se comparada com outras gomas e varia com a origem da planta. Em concentrações abaixo de 45% as soluções de goma arábica apresentam fluxo newtoniano e acima deste nível as soluções são pseudoplásticas (ANDERSON; DOUGLAS, 1987). A viscosidade de soluções de goma arábica é influenciada pelo pH, temperatura e presença de sais (HILL, 1980).

---

A aplicação industrial da goma arábica depende de sua capacidade de espessar, sua ação como protetor coloidal e suas propriedades adesivas. Na indústria alimentícia é usada estabilizante de alimentos congelados, como fixador de aromas e em produtos dietéticos, na indústria farmacêutica, a goma arábica é usada como estabilizante de emulsões, como adesivo em comprimidos e como emoliente (JONH; SONS, 1987). Outros usos incluem a sua utilização como adesivo, com o protetor coloidal em tintas e também na inibição da corrosão de metais (MEER, 1980).

## **2.5 Processo de Purificação da Goma do Cajueiro**

Os polissacarídeos ocorrem na natureza como componentes dos tecidos de plantas e animais. Como consequência eles estão misturados ou ligados quimicamente com vários outros componentes dos tecidos. Tais componentes podem ser materiais de baixo peso molecular, como os sais inorgânicos, ou espécies macromoleculares indesejáveis, como as proteínas e ligninas. Para a caracterização dos polissacarídeos torna-se necessária a separação destas substâncias (KENNEDY, 1988; ASPINALL, 1969).

A primeira etapa do processo de isolamento consiste na solubilização do material em água ou em outros solventes. Estes outros solventes podem ser etileno glicol ou dimetilsulfóxido, assim como sistemas de solventes orgânicos e sais de metais alcalinos, desde que estes não modifiquem ou degradem a estrutura da macromolécula. Deve-se evitar, portanto, o uso de ácidos, álcalis ou enzimas no processo de isolamento.

Para a remoção de impurezas de baixo peso molecular pode-se utilizar a diálise, a cromatografia de troca iônica ou filtração em gel (KENNEDY, 1988). A remoção do polissacarídeo da solução pode ser obtida por precipitação com solventes orgânicos (etanol ou acetona), por liofilização ou por complexação com íons metálicos. Polissacarídeos ácidos podem também formar complexos com sais de amônia quaternários (KENNEDY, 1988).

Os estágios da purificação devem ser efetuados até a obtenção de um material de composição constante. Métodos físico-químicos são empregados para a análise dos grupos funcionais, determinação da rotação específica e da composição dos carboidratos após hidrólise. Mais recentemente, técnicas como ultracentrifugação, eletroforese e cromatografia têm sido utilizados para a investigação da pureza do polissacarídeo (KENNEDY, 1988).

---

Vários são os métodos de isolamento e purificação de polissacarídeos. O processo descrito por Rinaudo (1978) consiste de uma etapa de isolamento e duas de purificação. A etapa de isolamento do polissacarídeo seja efetuada através de dissolução em água (sol. 4%, com pH ajustado entre 7,0 -7,5), com agitação por 24 horas, e á temperatura ambiente. A seguir, a suspensão deve ser filtrada em funil de vidro sinterizado G2 e G4 e em membranas porosas 3 m e o polímero precipitado adicionando-se progressivamente etanol (proporção etanol/H<sub>2</sub>O 50/50 (v/v) ou 60/40 (v/v) sob agitação. Após a precipitação, a solução deve ser decantado por alguns minutos e filtrado em funil de vidro sinterizado G4. O precipitado ser lavado com Etanol/ H<sub>2</sub>O ( 70/30) (v/v), etanol/H<sub>2</sub>O ( 80/20) (v/v), etanol absoluto e acetona, e seco em ar quente. Na dissolvida em H<sub>2</sub>O (5 g/L) com a adição de NaCl sólido (100 g/L), para que todos os grupamentos ácidos passem para a forma de sal de sódio. A solução deve ser precipitada com etanol ( proporção etanol/ H<sub>2</sub>O 50/50) e o precipitado lavado como citado anteriormente. A segunda purificação consiste na dissolução da goma (5 g/L) e precipitação nas mesmas condições descritas na etapa de isolamento.

No método proposto por ANDERSON (1974) a goma bruta é dissolvida em água fria durante 48 horas (sol. 10%). Após filtração, através de papel Whatman n° 41 e n° 42, as soluções são dialisadas contra H<sub>2</sub>O por 24 horas destiladas por 2 x 24 horas. As soluções são filtradas em papel Whatman n°42 e então liofilizadas.

## 2.6 Processos de secagem

Segundo Akipinar *et al.* (2006) a secagem é uma técnica antiga de conservação de alimentos que consiste na remoção de água ou qualquer outro líquido do alimento na forma de vapor para o ar não saturado. Esta técnica vem sendo constantemente estudada e aperfeiçoada para obtenção de produtos com maior qualidade e menor tempo de processamento.

Muitos alimentos passam pelo processo de secagem por necessidade de conservação. Por outro lado, existem ainda os alimentos que passam pelo processo para adquirirem sabores refinados, como é o caso do tomate, vendidos por altos preços no mercado (NAYAK, 2007).

A remoção de água de alimentos sólidos surgiu como uma forma de reduzir a atividade de água (A<sub>w</sub>) com o objetivo de inibir o crescimento microbiano, evitando assim

---

sua deterioração. Esta remoção passou a ter grande importância na redução dos custos energéticos, de transporte, embalagem e armazenagem destes alimentos. Por outro lado, o método mais antigo de processamento de frutas é a secagem pelo sol. Com o passar dos séculos os conhecimentos foram-se tornando maiores e a indústria passou a apresentar produtos com melhor qualidade (AMR; HADIDI, 2005).

O grande passo em relação aos processos de conservação de frutas aconteceu com o início dos tratamentos térmicos, com a preservação de frutas pelo calor. A tecnologia da conservação de alimentos consiste na aplicação de alguns princípios físicos ou químicos tais como: altas e baixas temperaturas, eliminação de água (desidratação osmótica, secagem, liofilização, concentração e prensagem), aditivos químicos e irradiação (SILVA, 2005).

No momento atual, percebe-se um fortalecimento da secagem de produtos agropecuários devido a retomada da discussão da qualidade da vida, que insere a importância de alimentos saudáveis, mas com as limitações do tempo imposto pela vida moderna. Outro fator, que se deve ressaltar, é a crescente demanda das indústrias que produzem alimentos chamados de instantâneos (prontos e semi-prontos) que utilizam alimentos secos como matéria-prima. A facilidade de manuseio e de armazenagem dos produtos secos também é um importante fator no atual mundo globalizado (ARAÚJO, 2008).

Normalmente se imagina um sólido como um material com forma definida, em alguns casos é o que se tem na alimentação do secador, uma pasta ou uma suspensão de sólidos ou ainda uma solução. Porém em qualquer situação o produto final é sólido com alguma umidade. Para que a secagem ocorra é necessária que o sistema ou o meio de secagem esteja a uma temperatura superior àquela do sólido úmido permitindo a existência de um fluxo de calor para o mesmo, que possibilitará a vaporização da umidade (BROOKER *et al.*, 2004).

A evolução e descobertas de novas tecnologias e metodologias aconteceram de forma a promover e otimizar o processo de secagem e a melhoria da qualidade do produto final (DOYMAZ; PALA, 2007).

Segundo Gaspareto (2005), existem diversos métodos de secagem, mas a sua escolha vai ser determinada pela natureza do alimento, pela forma e qualidade que se deseja dar ao produto processado, pelo valor econômico e pelas condições de operação.

---

- **Tipos de secadores**

Uma das maiores dificuldades na seleção de secadores é a grande variedade de equipamentos e processos na secagem para se obter um produto de qualidade. Muitos métodos são apresentados na literatura, os baseados em conceitos fenomenológicos e os que dizem respeito aos aspectos de custo.

**a) Secador por circulação de ar ou adiabático**

O processo de desidratação por circulação de ar é um dos mais utilizados industrialmente. Ocorre por transferência de calor e de massa, consiste na exposição do alimento a uma corrente de ar quente que proporciona calor sensível e calor latente de evaporação principalmente por convecção, o vapor d'água liberado pelo alimento é arrastado pelo próprio ar (ORDÓNHEZ, 2005).

Os tipos de secadores adiabáticos são: secadores de armário ou cabine, secadores tipo forno, secadores de túnel, secadores de esteira, secadores de leito fluidizado, secadores tipo “foam mat”, secadores de cilindro e secadores por aspersão (OETTERER, REGINATO-D'ARCE; SPOTO, 2006).

Existem três fatores relacionados com o controle da capacidade de remoção de umidade de um alimento através de ar quente: quantidade de vapor de água carregada pelo ar, temperatura do ar e quantidade de ar que circula ao redor do alimento (FELLOWS, 2000).

Este tipo de secagem promove diversas alterações indesejáveis ao produto. A principal delas é a contração dos tecidos que causa endurecimento superficial e formação de uma película proveniente da migração dos solutos de centro do alimento para a superfície fechando os poros. Estas características impedem a remoção de parte da umidade remanescente no interior do produto resultando em uma secagem desuniforme e queda das taxas de secagem (AZEREDO, 2004).

**b) Secadores a vácuo**

Entre os secadores com transferência de calor em superfície sólida: têm-se os secadores de tambor, também conhecidos por rolo secador (“*drum-dryer*” ou “*roller-dryer*”). É constituído de um ou mais tambores rotativos, com diâmetro variável (0,5 – 1,5 metros), com comprimentos entre 2 a 5 metros, aquecidos no seu interior por vapor a alta pressão. Este sistema é utilizado na desidratação de produtos especiais, principalmente aqueles com alto

---

teor de amido. A transferência de calor se dá por indução, geralmente o produto desidratado possui alta viscosidade, fato que impede sua secagem por processos que acarretam menor deterioração da qualidade, como é o caso da secagem por aspersão. As temperaturas usuais do tambor variam entre 120°C e 150°C e o tempo de residência de 20 segundos a 3 minutos (GAVA, 2002).

Os secadores a vácuo possuem um sistema de aquecimento indireto, através da superfície sólida. É de difícil manejo e custos elevados e por isso de pouco uso na indústria alimentícia. Nestes secadores, a secagem se realiza a uma temperatura mais baixa. Os secadores a vácuo podem ser de bandejas ou esteiras. Os de esteira são utilizados principalmente para alimentos líquidos ou pastosos, como purê, suco de frutas e concentrados de tomate entre outros. Nos processos de desidratação a vácuo o maior destaque, sem dúvida, é a liofilização (FITTO, 1996).

### **c) Secador por infravermelho**

Na grande maioria dos processos industriais de secagem, o tratamento térmico dos materiais envolve técnicas convencionais de fornecimento de energia tais como convecção e condução. Entretanto, estes modos de transferência de calor restringem as possibilidades de aumentar a eficiência de secadores no processamento de determinado produto e até mesmo no aumento da capacidade de produção. Neste contexto, as tecnologias radiantes se tornam particularmente interessante, à medida que permitem imediata e significativo fornecimento de energia ao produto a ser processado (SALAGNAC *et al.*, 2004).

Diante da necessidade de aplicar fontes alternativas e eficientes de energia para reduzir o tempo e os custos com o processo, as investigações sobre tecnologias de secagem via o tempo e os custos com o processo, as investigações sobre tecnologias de secagem via radiação eletromagnética crescem de importância (MUJUMDAR, 2006).

Entre as técnicas de radiação, a aplicação contínua ou intermitente da radiação infravermelho, de forma isolada ou acoplada com o aquecimento convectivo, tem se mostrado bastante promissora, tanto no que diz respeito á garantia de uma degradação mínima da qualidade do produto.

O aquecimento infravermelho envolve energia eletromagnética na faixa de comprimento de onda de 0,75 a 100  $\mu\text{m}$ . As vantagens desta técnica incluem: (a) a simplicidade do equipamento requerido; (b) a fácil incorporação do aquecimento

---

infravermelho com outros métodos de aquecimento (convectivo, condutivo e microondas); (c) o fácil direcionamento da fonte de calor e transferência da energia eletromagnética no regime infravermelho para a superfície do material sem aquecimento do ar; (d) a obtenção das altas taxas de transferência de calor com aquecedores compactos; (e) reduzida necessidade de uma alta velocidade do ar, minimizando o contato do material submetido a secagem com oxigênio, (f) alta qualidade dos produtos finais e (g) significativa economia de energia (RATTI; MUJUMDAR,1995).

Ainda, em termos da qualidade do produto, o aquecimento infravermelho pode atuar como tratamento térmico, incluindo a inativação de fatores tóxicos e enzimas degradativas, redução da contagem microbiana, melhoria da operação de descasque de grãos de leguminosas e, em geral, agregando valor aos grãos de cereais, leguminosas e, oleaginosas (GINSBURG, 1969). A alta densidade de potência aplicada ao produto pode modificar significativamente suas propriedades de superfície e diminuir o tempo de secagem, mas pode também causar danos ao material. Uma consideração importante é a máxima temperatura atingida, considerada segura para a secagem. Esta temperatura varia dependendo do produto.

Prolongada exposição do material em alta temperatura de aquecimento infravermelho pode resultar em eventual injúria térmica do material (FASINA *et al*, 2001). Assim, as vantagens técnicas e econômicas do aquecimento infravermelho devem ser acompanhadas pela qualidade do produto final.

#### **d) Secador por Atomização**

Secador por aspersão ou atomização (“*spray-dryer*”) é bastante utilizado na secagem de alimentos líquidos como leite ou café solúvel e alimentos pastosos em suspensão. Este consiste basicamente de uma câmara, geralmente cônica, de diâmetro e comprimento devidamente calculado, no qual o fluido a ser processado é introduzido por aspersão sob pressão. A secagem por atomização, pulverização ou “*spray-dryer*” é um processo contínuo no qual um líquido ou pasta é transformado em produto seco, caracterizando-se pelo tempo de secagem relativamente curto.

A princípio, o processo consiste na atomização do produto dentro da câmara de secagem em contato com uma corrente de ar quente em alta velocidade, podendo atingir até 200 °C, com o tempo de contato variando de 20 a 30 segundos. A rápida evaporação da água permite manter baixa a temperatura das partículas, de maneira que a alta temperatura do ar de

---

secagem não afeta demasiadamente o produto. As partículas secas são suspensas e elevadas para um equipamento de separação, coletada e submetidas a um tratamento para tornar o produto instantâneo ou aglomerado, quando necessário e finalmente empacotá-los (CANO-CHAUCA, 2004).

O secador por aspersão ou atomizado é utilizado não só na indústria alimentícia, mas também nas indústrias farmacêuticas, cerâmica e de detergentes etc. O maior problema existente na secagem de alimentos por contato com ar quente é a limitação na taxa de secagem, devido à difusividade da água, que decresce proporcionalmente com o teor de umidade. Associados a esses problemas estão o encolhimento do produto as alterações físicas e químicas descritas como:

- Baixa reidratação do produto final;
- Escurecimento não enzimático e deterioração ou perda de aroma durante a secagem;
- Oxidação de lipídeos, pigmentos e vitaminas lipossolúveis e alguns componentes hidrossolúveis (VALGAS, 2007).

#### **e) Secador por Liofilização**

A liofilização faz com que a água contida no produto, passe do estado sólido (produto congelado) para o estado gasoso sem passar pelo estado líquido, ocorrendo desta forma, o processo de sublimação (IBARZ BARBOSA-CÁNOVAS, 1999). Esta técnica consiste em, inicialmente, congelar o produto muito, rapidamente, para fazer com que as suas características de sabor, aroma e constituintes químicos, sejam preservados. Na etapa subsequente o material congelado é submetido a um vácuo parcial, ocasionando a secagem do produto para aproximadamente, 2% base úmida. O material sólido e desidratado, geralmente, é submetido a uma moagem ate atingir tamanhos de partículas desejáveis à industrialização. Este produto em pó pode ser utilizado para fazer o suco e também pode ser utilizado na indústria alimentícia para fazer doces, pães e biscoitos, entre outros produtos (CAVALCANTI MATA *et al.*, 2003).

A liofilização é calculada em 5 a 10 vezes mais cara do que os processos de desidratação convencionais, por isto é utilizada em vários países, em alimentos de custo mais elevado tais como o café, cogumelos e camarões (GAVA, 2002).

---

É o processo mais brando de desidratação, tanto em relação aos alimentos quanto aos microrganismos presentes. Poucos microrganismos são destruídos neste processo e um maior número é destruído durante a fase de congelamento (FRANCO; LANDGRAF, 2005).

Os liofilizadores consistem de uma câmara de vácuo com bandejas para conter os alimentos; secadores e aquecedores para suprir o calor latente de sublimação; serpentinas de refrigeração usadas para condensar os vapores diretamente em gelo ou seja sublimação inversa; dispositivos automáticos de descongelamento para manter a máxima área de serpentinas livre de gelo para condensação do vapor; e bomba de vácuo que remove os vapores não condensáveis (FELLOWS, 2006).

A liofilização deve ser realizada em temperatura inferior a 0 °C e pressão inferior a 4,7 mm de Hg, geralmente em liofilizadores industriais o alimento é congelado a - 40 °C (GAVA, 2002).

O processo garante a estabilidade do alimento através de operações de congelamento recém congelado e na ausência de ar atmosférico, o que evita ou reduz perdas das qualidades sensoriais, alterações químicas, perdas dos compostos químicos voláteis responsáveis pelo sabor e aroma dos alimentos, previne também perdas por oxidação, escurecimento enzimático e não enzimático, desnaturação protéica, reduz danos na estrutura, textura e aparência, alterações estas que são mais evidentes no processo de secagem por ar quente (OETTERER *et al*, 2006; CANOVAS; MERCADO, 2005).

Os produtos liofilizados podem ser reidratados voltando a sua estrutura original, o que ocorre como consequência do congelamento da amostra que reduz seu encolhimento após secagem, e forma uma estrutura esponjosa, devido a espaços ociosos em forma de agulha que previamente estavam ocupados por cristais de gelo. É nestes poros chamados micro regiões depende da quantidade de pontes de hidrogênio, portanto a adição de água provoca alteração da mesma e perda dos voláteis (CANOVAS; MERCADO, 2005).

## 2.7 Cinética de secagem

- **Períodos da secagem**

Ocorre simultaneamente transferência de calor e massa. Em geral os processos de secagem sofrem influência considerável de agentes externos e da estrutura interna do material

---

secante. A influência destes fatores ocorre em diferentes períodos no processo da secagem conforme mostra a Figura 3.

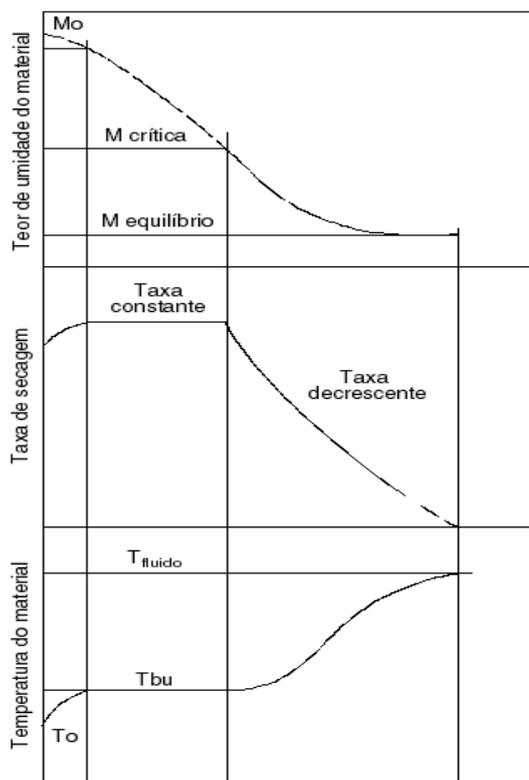


Figura 3 – Representação ilustrativa dos diferentes tipos de secagem

Fonte: PINEDO, 2003

- **Períodos de Taxa Constante**

O período de taxa constante é considerado importante quando o potencial do ar de secagem é baixo ou a umidade é alta, como no caso das frutas (PINEDO, 2003). Neste período a secagem ocorre como se fosse a evaporação de uma massa de líquido sem haver influência direta do sólido na taxa de secagem. Ou seja, a taxa de secagem independe do teor de umidade do sólido. A curva de secagem nas Figuras 3 e 4 evidencia o término do período de taxa constante, onde o sólido alcança o teor de umidade crítico. A partir deste ponto a temperatura da superfície eleva-se e a taxa de secagem cai.

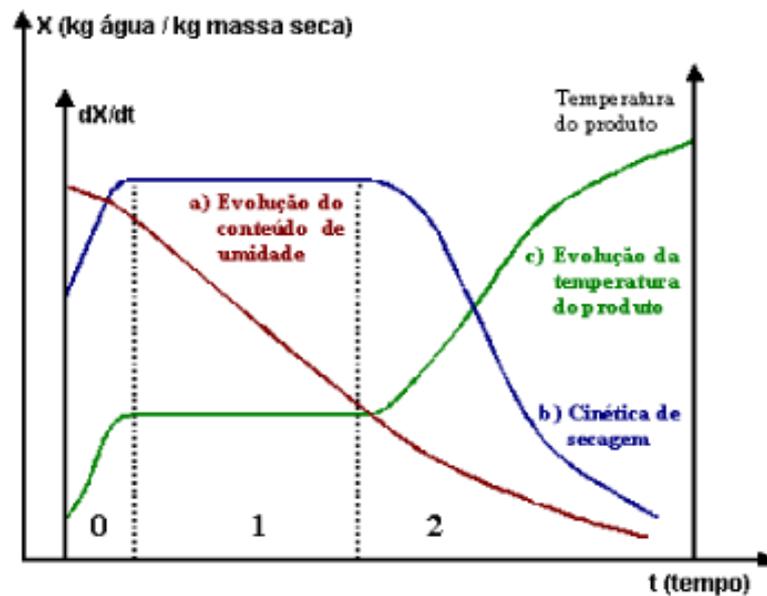


Figura 4 – Curvas típicas de secagem.

Fonte Pinedo, 2003.

Nos processos de secagem, o líquido evaporado, normalmente, é a água, e o gás é o ar atmosférico. Para se calcular a taxa de secagem são usadas as equações de transferência de calor e de massa:

$$\frac{dU}{dT} = k_p \cdot A \cdot (P_s - P) \quad (1)$$

Onde:

$dU/dT$  = taxa de secagem do Líquido na temperatura de saturação (atm);

$P_s$  = Pressão de vapor do líquido na temperatura de saturação (atm);

$P$  = Pressão parcial do vapor de água no ar de secagem (atm);

$A$  = área de transferência de massa ( $m^2$ );

$K_p$  = coeficiente de transferência de massa com base na pressão ( $kg/s.m^2 \cdot atm$ ).

A equação 1 pode ser reescrita da seguinte forma em relação à umidade do ar de secagem, como sendo:

$$\frac{dU}{dT} = k_h \cdot A \cdot (U_s - U) \quad (2)$$

Onde:

$U_s$  = umidade de saturação do ar na temperatura da superfície, (Kg de H<sub>2</sub>O/ Kg de ar seco);

$U$  = umidade do ar de secagem (Kg de H<sub>2</sub>O/ Kg de ar seco);

$K_h$  = coeficiente de transferência de massa com base na umidade (Kg/s.m<sup>2</sup>);

$A$  = área de transferência de massa (m<sup>2</sup>)

- **Períodos de Taxa Decrescente**

O período de taxa decrescente começa quando o período de taxa constante termina, na umidade crítica. Se a umidade inicial está abaixo da umidade crítica, todo o processo de secagem ocorre no período de taxa decrescente (PARRY, 1985).

Na primeira fase do período de taxa decrescente (Figuras 3 e 4), parte da superfície evaporante se mantém insaturada, uma vez que a velocidade do movimento líquido para a superfície é menor que a velocidade com que a massa é transferida da superfície. No segundo período de taxa decrescente, a evaporação da água no interior do sólido se dá através do movimento de sua umidade interna. A secagem cessa quando a pressão de vapor do líquido contido no sólido é igual á pressão parcial do vapor de água no gás secante afluente. Nestas condições a umidade do sólido atinge a umidade de equilíbrio, umidade que permanece no sólido independente do tempo de secagem, desde que as condições de operação não se modifiquem (STRUMILLO,2006).

## 2.8 Reologia

A reologia estuda a deformação e o fluxo dos materiais sob influência de tensões (BARNES *et al.*,1989). Dentro deste contexto, os materiais podem ser definidos como sólidos ou líquidos. Segundo Schramm (2006), sólidos ideais se deformam elasticamente, ou seja, a energia necessária para a deformação é completamente recuperada quando a tensão é removida. Conforme os mesmos autores, fluidos ideais deformam-se irreversivelmente, eles fluem sob ação de uma tensão. A energia requerida neste processo é dissipada em forma de

---

calor e não é recuperada quando a tensão é retirada. Desta maneira, na reologia de sólidos, a propriedade de maior interesse é a elasticidade ao passo que em líquidos, a viscosidade é a propriedade mais importante (TONELI; MURR; PARK, 2005). Entre os dois comportamentos extremos sólidos e líquidos, existem os materiais que se comportam ora como líquidos ora como sólidos, dependendo da tensão, da frequência ou da temperatura a que são expostos. Estes materiais são denominados de viscoelásticos (BARNES *et al.*, 1989).

Considerando o modelo em que um líquido é composto por várias camadas (Figura 3), quando o colocamos entre duas placas paralelas e puxamos a placa superior para a direita, a camada do líquido em contato direto com esta placa irá se movimentar enquanto que a camada em contato com a placa inferior permanecerá em repouso. Porém, em função das interações moleculares existentes, as camadas adjacentes a placa superior também começam a se movimentar para direita com velocidades diferentes, resultando em um gradiente de velocidade, que é conhecido como velocidade de cisalhamento ou taxa de cisalhamento (“*shear rate*”, cuja notação é  $\dot{\gamma}$ ). A resistência ao fluxo que os fluidos apresentam é denominada de viscosidade ( $\eta$ ) (BARNES *et al.*, SCHRAMM, 2006).

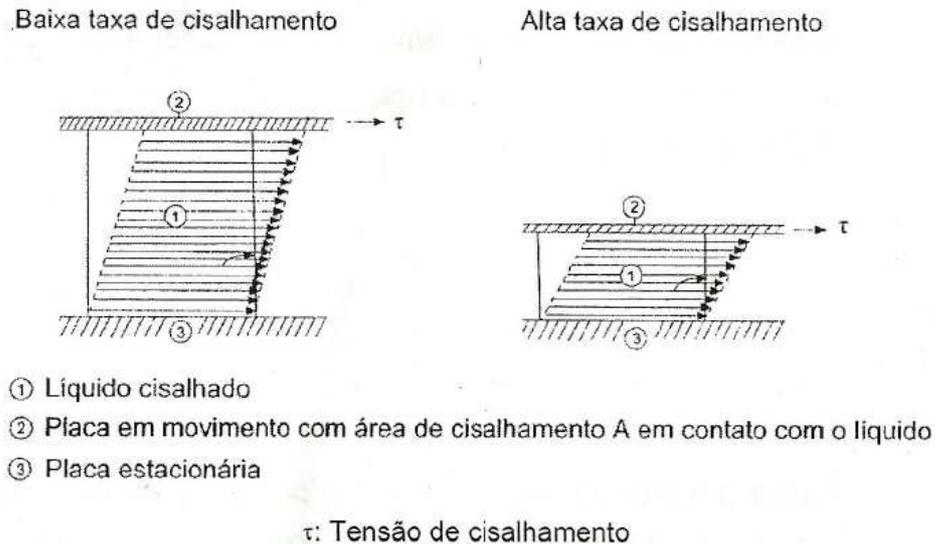


Figura 5 - Representação esquemática do fluxo de um líquido entre duas placas paralelas

Fonte: Schramm (2006)

Isaac Newton expressou a lei básica da viscosimetria descrevendo o comportamento de fluxo de um líquido ideal através da Equação 3:

$$\tau = \eta \cdot \gamma \quad (3)$$

Onde:  $\tau$  (tensão de cisalhamento) é a força aplicada tangencialmente sobre a área do líquido e é medida em Pa ( Pascal);  $\gamma$  (taxa de cisalhamento) é o gradiente de velocidade nas camadas líquidas da amostra e tem a unidade  $s^{-1}$  e  $\eta$  é a viscosidade, expressa em Pa.s (BARNES *et al.*,1989). Desta maneira, a viscosidade pode ser matematicamente expressa como sendo a tensão dividida pela taxa de cisalhamento.

Quando os fluidos seguem a lei de Newton da viscosimetria, a viscosidade não depende da taxa de cisalhamento e o fluido é denominado de newtoniano. O que ocorre, porém, com a maioria dos fluidos é que a viscosidade varia dependendo da taxa de cisalhamento e, desta maneira, eles são denominados de não- newtonianos. Dentre eles, destacam-se os fluidos pseudoplásticos, dilatantes e plásticos (SCHRAMM,2006).

- 1- Fluidos pseudoplásticos: Os fluidos pseudoplásticos apresentam uma diminuição na viscosidade quando a taxa de cisalhamento aumenta. Isso ocorre por que, no repouso, as partículas e/ou as cadeias poliméricas que compõem o líquido encontram-se desorientadas, entrelaçadas ou enoveladas, mantendo uma ordem interna irregular que gera uma alta viscosidade. Com o aumento das taxas de cisalhamento, as partículas se orientam em direção ao fluxo e as moléculas poliméricas se desenovelam ou se desagregam e se alinham em direção ao fluxo, isso permite uma maior facilidade de escoamento, apresentando, assim, uma diminuição da viscosidade (SCHRAMM, 2006). Este tipo de comportamento é observado na maioria das soluções concentradas de polissacarídeos.
  - 2- Fluidos dilatantes: Os fluidos dilatantes apresentam comportamento inverso aos pseudoplásticos, ou seja, apresentam aumento de viscosidade quando a taxa de cisalhamento aumenta (SCHRAMM, 2006).
  - 3- Fluidos plásticos: Neste tipo de fluido, é necessária a aplicação de uma tensão inicial mínima, que provoque uma ruptura na sua estrutura, para que material comece a fluir e perder a viscosidade de maneira dependente da taxa de cisalhamento. Ou seja, o sistema apresenta ligações intermoleculares que formam uma rede e o caracterizam como sólido
-

até que a força externa aplicada seja superior àquela que mantém esta rede, quando se observa um ponto de ruptura do gel (SCHRAMM, 2006).

Os fluidos não-newtonianos acima descritos podem apresentar comportamento reológico dependente do tempo, sendo caracterizados como tixotrópicos ou reopéticos. Quando aos fluidos tixotrópicos é aplicada uma tensão, ocorre um decréscimo na viscosidade aparente, que tende a retornar à condição inicial apenas após um tempo de repouso. Em contrapartida, os fluidos reopéticos apresentam um acréscimo na viscosidade aparente com o tempo de aplicação da tensão e a viscosidade inicial tende a ser recuperada apenas após o repouso (TONELI; MURR; PARK, 2005).

Para analisar o comportamento de fluidos viscoelásticos, faz-se uso dos experimentos reológicos dinâmicos, em que as amostras podem ser analisadas quanto à sua viscosidade e elasticidade sendo submetidas a tensões oscilatórias.

O estudo do comportamento reológico de polímeros naturais é importante, uma vez que estes podem ser aplicados em diferentes ramos da indústria. Os polissacarídeos apresentam várias características interessantes tais como biocompatibilidade, biodegradabilidade, biodiversidade e, em geral, não apresentam toxicidade. Eles têm a capacidade de modificar as características das soluções aquosas por espessar, emulsificar, estabilizar, além de serem capazes de formar géis, filmes e membranas (LAPASIN; PRICL, 1995; MARTIN, 2003).

Essas propriedades envolvem diferentes mecanismos de associação entre cadeias, as quais dependem das características individuais de cada polímero. Sendo assim, géis e soluções de diferentes polímeros apresentarão formas e texturas diferentes, podendo ser aplicados em diferentes tipos de indústrias (TONELLI; MURR; PARK, 2005).

## **2.9 Análises reológicas de gomas de exsudados**

As propriedades viscoelásticas de dispersões de goma arábica a 6% (m/v) foram estudadas usando testes dinâmicos. “Foi verificado que a dispersão da goma arábica apresentava um comportamento típico de líquido, com  $G''$  (módulo viscoso) maior do que  $G'$  (módulo elástico), em toda faixa de frequência analisada, porém, quando a dispersão era mantida em repouso por 5 horas, o comportamento mudava, mostrando características de uma

---

estrutura elástica, típica de um gel. Segundo os autores, a agregação das arabinogalactanas-proteínas presentes na goma arábica pode estar influenciando esta mudança de comportamento (SANCHEZ, *et al.*, 2002).

Com a análise das propriedades reológicas de interface das gomas de *Acacia Senegal* (goma arábica) e *Acacia seyal*, verificou-se a importância da fração protéica da arabinogalactana para as suas propriedades viscoelásticas.

A goma de *Acacia Senegal* apresenta aproximadamente 2% de proteína enquanto que a de *Acacia seyal* possui < 1% e, segundo os autores, a diferença na natureza e na distribuição da fração protéica é um dos fatores que faz com que a primeira forme uma interface (líquido/ar e líquido/líquido) mais elástica e mais estável do que a segunda. Após degradação proteolítica, ambas as gomas perderam a capacidade de formar filmes viscoelásticos na interface entre água e ar. (ELMANAN *et al.*, 2007).

A goma do cajueiro, assim como a goma arábica, apresenta baixa viscosidade em relação às gomas karaya e tragacanto (PAULA; RODRIGUES, 1995). A análise da viscosidade intrínseca (volume hidrodinâmico) da goma do cajueiro a 25 °C apresentou-se diferente quando esta foi solubilizada em diferentes soluções salinas de mesma força iônica, aproximando-se de 9,0, 7,8 e 7,4 mL.g<sup>-1</sup> para as amostras em NaCl, CaCl<sub>2</sub> e AlCl<sub>3</sub>, respectivamente. Este dado sugere que a cadeia do polissacarídeo se encontra mais contraída na presença de alumínio do que na presença de cálcio e de sódio (PAULA; RODRIGUES, 1995).

O comportamento reológico comparativo de dispersões de goma arábica e de goma de cajueiro, isoladas e em misturas, foi avaliado por Mothé e Rao (1999). O valor de viscosidade intrínseca determinada para a goma arábica e para a goma do cajueiro em H<sub>2</sub>O a 20 °C foi de 0,6 e 0,1 dl. g<sup>-1</sup>, respectivamente.

A viscosidade intrínseca da goma arábica também foi determinada utilizando HPSEC com detector viscosimétrico (temperatura ambiente, solvente NaNO<sub>3</sub> 50 mM), tendo apresentado um valor de 0,23 dl.g<sup>-1</sup> para a goma total, sem fracionamento e 0,87 e 0,18 dl.g<sup>-1</sup>, para as frações ricas em arabinogalactanas-proteínas e arabinogalactanas, respectivamente (SANCHEZ *et al.*, 2002).

---

Tanto a goma arábica como a goma do cajueiro apresentam comportamento não-newtoniano pseudoplástico nas concentrações 4-50% (m/v) ( MOTHÈ; RAO, 1999; SANCHEZ *et al.*, 2002).

---

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Matéria-Prima

A goma estudada nesta pesquisa é proveniente de exsudado vegetal e, com o intuito de simplificar esta nomenclatura, a partir deste item, ela será referida apenas como goma.

A goma do cajueiro (*Anarcadium occidentale L.*) utilizada para as análises (Figura 6) foi obtida no Campo Experimental de Pacajus da Embrapa Agroindústria Tropical. O Campo Experimental de Pacajus está localizado na cidade de Pacajus (CE), a 50 km de Fortaleza, em uma região de transição entre o litoral leste e o semiárido, com latitude 4°11'26,62" S e longitude 38°29'50,78". Estrada Pacajus-Itaipaba, km 05, Zona Rural.

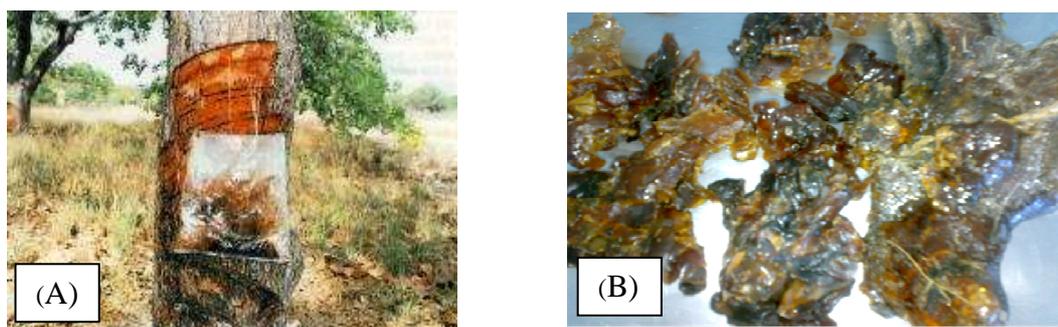


Figura 6 – Goma do Cajueiro exsudada do caule (A) e aspecto do material coletado (B)

#### 3.2 Purificação da Goma do Cajueiro

A goma do cajueiro foi obtida a partir dos métodos descritos por TORQUATO *et al.* (2004) e GALLÃO; FURTADO; BRITO (2005), passando por algumas modificações. A resina bruta foi obtida a partir do exsudado do tronco e galho do cajueiro. A resina foi triturada com o auxílio de um martelo até que reduzisse para fragmentos de até 5 mm de espessura, capazes de serem processados em temperatura ambiente. Em seguida, pesou-se 600 g de resina, que foram colocadas em um béquer, e acrescentou-se um volume de 6,0 litros de água destilada numa proporção de 1:10 (v/v). Essa solução foi agitada mecanicamente durante 1 hora através de um dispersor de solo SL 115 da marca Solab a 15000 rpm. O processamento resultou em uma solução viscosa de coloração amarela-escura, sendo posteriormente filtrada a

---

vácuo em um tecido fino para remoção dos fragmentos insolúveis (que tinham aparência de grumos de géis). Após a filtração, os extratos obtidos foram adicionados etanol comercial 96° GL na proporção 3:1 (v/v), e foi deixada a solução em repouso até a precipitação durante um período de 24 horas. O material precipitado foi drenado e distribuído em placas de Petri dispostas em capela de exaustão para que todo o álcool restante fosse evaporado. O material seco obtido foi triturado em almofariz e peneirado em malha de 212 $\mu$ m para uniformizar a granulometria obtendo-se assim a goma purificada.

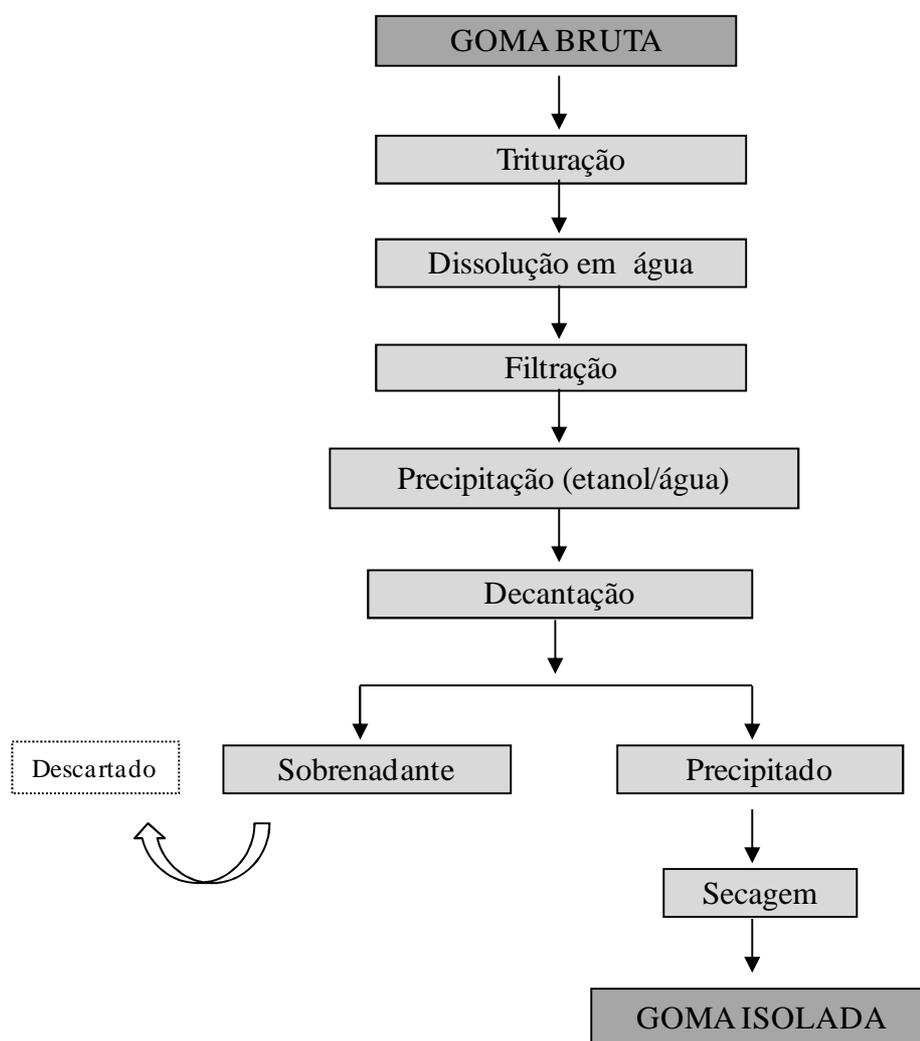


Figura 7 - Processo de purificação da goma do cajueiro

Fonte: GALLÃO; FURTADO; BRITO (2005)

### **3.3 Métodos de Secagem**

Nesta seção, são descritos os procedimentos da secagem para a goma do cajueiro utilizada neste trabalho.

#### **a) Secagem em Secador Convencional de bandejas**

As amostras foram colocadas em placas de Petri com 50 ml de solução de goma do cajueiro com concentração de 2%, numa temperatura de 100 °C durante 8 horas.

#### **b) Secador por Radiação (Infravermelho)**

Foi utilizado o secador infravermelho da marca Quimis (modelo Q333D-2) as amostras foram colocadas em placas de Petri com 50 ml de solução de goma do cajueiro com concentração de 2%, numa temperatura de 100 °C durante 6 horas.

#### **c) Secador em estufa a vácuo**

As amostras foram colocadas em placas de Petri com 50 mL de solução de goma do cajueiro com concentração de 2%, numa temperatura de 100 °C durante 3 horas na estufa com circulação de ar, após este período foi colocada as amostras no secador a vácuo numa temperatura de 60 °C com pressão 60 mPa durante 5 horas.

#### **d) Liofilização**

O processo de liofilização inicia com uma etapa de pré-congelamento um freezer da marca Consul com temperatura de final de congelamento – 60 °C. As amostras foram colocadas em placas de Petri com concentração de 2% durante 24 horas. A liofilização das amostras foi efetuada em um liofilizador piloto da marca Terroni modelo LT, durante 24 horas. O pó obtido acondicionado embalagens convertidas de polipropileno biorientado metalizado (mBOPP) foram seladas a vácuo.

#### **e) Secador por atomização (Spray dried)**

Foram fixadas as condições operacionais para a realização da secagem da goma com concentração de 1 e 2 %, com temperatura de entrada no spray dryer de 180 °C e temperatura de saída de 90 °C .

---

### **3.4 Estudo da cinética no secador de bandeja e infravermelho**

Para a cinética de secagem da goma do cajueiro, foram investigados dois métodos. O primeiro método foi o da secagem convectiva, o mais utilizado na indústria. Já o segundo método, foi o da secagem via radiação infravermelha, cuja aplicação na indústria ainda está no seu estágio inicial, com um amplo campo de pesquisas a ser explorado.

Para realizar o estudo da secagem infravermelho foi utilizado um secador infravermelho da marca Quimis (modelo Q333D-2), constituído por uma lâmpada incandescente com emissão de raios infravermelhos de 250 W e uma plataforma para balança para registrar a perda de massa do material. A temperatura deste equipamento é regulada através de um display digital e representa o valor medido próximo da lâmpada.

- **Experimento de Secagem**

- 

Como procedimento experimental para a seleção do material foi tomadas soluções aquosas de goma de cajueiro em concentração de 1% para 30 mL de água destilada, e de posse destas amostras foram pesada inicialmente as placas de Petri secas e depois colocado o líquido e pesado novamente. A determinação de secagem foi realizada por perda de massa, pesando-se o material a cada 30 minutos (a placa era retirada, pesada e rapidamente recolocada no secador). Esse procedimento foi repetido até o material atingir peso constante, indicando o momento final da secagem. Também foram feitas medidas da espessura do líquido após cada secagem de 30 minutos.

A partir dos pesos obtidos, numa balança analítica, os experimentos foram conduzidos para a secagem em estufa e infravermelho. As temperaturas utilizadas foram 60, 70 e 80 °C definidas para as amostras respectivamente, para os dois processos de secagem.

### **3.5 Análises Físico-químicas**

#### **3.5.1 Umidade**

Para a determinação de umidade, pesa-filtros previamente tarados contendo amostras de goma foram colocados em estufa a 105 °C por 24 horas. Em seguida, foram deixados em um dessecador, sobre sílica, até atingir o equilíbrio com a temperatura ambiente,

---

sendo então pesados até peso constante. O teor de umidade foi calculado pela diferença entre os pesos inicial e final da amostra (Equação 4), sendo este valor expresso em porcentagem, conforme a norma do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL, 2005).

$$\% \textit{umidade} = \frac{m_{as}}{m_{au}} \cdot 100 \% \quad (4)$$

Onde  $m_{as}$  refere-se à massa de amostra seca (g) e  $m_{au}$  a massa de amostra úmida (g)

### 3.5.2 Cinzas

Foram pesados 2 g de goma do cajueiro seca em cadinhos previamente tarados, e submetidos à incineração em mufla a 550 °C por 6 horas. As amostras foram deixadas em dessecador até atingirem a temperatura ambiente e pesadas. O teor de cinzas foi calculado pela diferença entre os pesos inicial e final da amostra (Equação 4), sendo este valor expresso em porcentagem, conforme a norma do INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL, 2005).

$$\% \textit{cinzas} = \frac{m_c}{m_a} \cdot 100 \quad (4)$$

Onde  $m_c$  refere-se a massa de cinzas (g) e  $m_a$  refere-se a massa de amostra (g).

### 3.5.3 Nitrogênio Total (proteína bruta)

O teor de nitrogênio foi determinado pelo método de Kjeldahl, que é baseada na digestão ácida da amostra, formação de amônia, destilada em meio básico e titulação com solução padrão de ácido clorídrico. Multiplicando-se o teor de N pelo fator 6,25 obtém-se o conteúdo estimado de proteína conforme a norma do INSTITUTO ADOLFO LUTZ, (IAL, 2005). O teor de proteínas foi calculado pela equação 5

$$\% \textit{proteína} = \left( \frac{V.N.1,40}{P} \right) \cdot 6,25 \% \quad (5)$$

Onde,

$V$  = volume de HCl gasto na titulação (mL)

$N$  = normalidade do HCl usado

1,40 = equivalente miligrama do N (14)

$P$  = Peso da amostra (g)

### 3.5.4 Teor de Minerais

As amostras foram analisadas em um espectrômetro de fluorescência de raios X da marca Shimadzu, modelo EDX-720, com tubo de Rh (ródio) e detector refrigerado com nitrogênio líquido (LN<sub>2</sub>), no Departamento de Física (UFC) laboratório de Raio-X. As amostras foram analisadas após serem secas, onde o porta amostras utilizado foi de PVC cilíndrico, com filme de MYLA (C<sub>10</sub>H<sub>8</sub>O<sub>4</sub>) com 6 mm de espessura. Como o filme é composto de carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O), ele não é detectado pelo espectrômetro, pois o mesmo detecta elementos entre sódio (Na) e urânio (U). As análises forneceram espectros de fluorescência com os picos de energia liberada por cada elemento componente da amostra além de fazer um balanço e fornecer os valores percentuais de cada elemento presente na mesma.

### 3.5.5 pH

O pH das amostras foram analisados em soluções aquosas de concentração de 1 % de goma de cajueiro para 10% de água destilada, foi determinado em triplicata medindo diretamente no aparelho phmetro (DMPH-3 Digimed com eletrodo de vidro-calomelano), a temperatura de 25 °C.

### 3.5.6 Atividade de água

As medições de atividade de água foram determinadas por leitura direta em aparelho Aqualab (Decagom modelo CX).

---

### 3.5.7 Rotação Ótica

Utilizou-se um polarímetro JENA 382422, na linha de sódio = 589,2 Å para determinação do desvio provocado por soluções de goma 1% (m/v), a temperatura de 25°C em um tubo de 100 mm de comprimento.

### 3.5.8 Solubilidade

Foi determinada de acordo com o método descrito por Eastman & Moore (1984), modificado por Cano-Chuaca *et al.* (2005). Constituiu em transferir 100 mL de água destilada para um blender e adicionou-se cuidadosamente 1 g da goma do cajueiro deixando em agitação por 5 min. Seguido de centrifugação a 1160 g por 5 min.

Transferiu-se uma alíquota do sobrenadante para uma placa de Petri pré-pesada, que foi seca a estufa por 5 h, a 105 °C. Por diferença de peso, determinou-se o peso final de pó da placa, calculando-se a partir daí o percentual de solubilidade.

### 3.5.9 Higroscopicidade

Foi obtida segundo método de Callahan *et al* (1982), modificado, que constitui em determinar o teor de umidade de equilíbrio do produto após estocagem em um dessecador com 90% UR, a 25 °C ( dentro de câmara BOD). Foram colocados no dessecador 300 mg do produto (registrou-se peso exato) em uma placa previamente pesada. Foram feitas novas pesagens após 7 dias, depois a cada 3 dias, até peso constante. Para promover UR próxima a 90% ( $A_w \sim 0,9$ ) no interior do dessecador, utilizou-se uma solução saturada de cloreto de bário (BaCl).

### 3.5.10 Colorimetria

Foi utilizado um colorímetro modelo Color Quest II (Sphere) calibrado para a cor branca, conectado a um computador provido do sistema software Universal. Para as medições, as amostras de goma foram preparadas em placa de Petri. As leituras foram realizadas acoplado-se na placa ao sensor do aparelho. De cada tratamento de secagem, foram realizadas 3 leituras.

---

Nesta análise, obteve-se as coordenadas de cor  $L^*$ , que indicam a luminosidade do produto, e que varia de 0 (preto) a 100 (branco);  $a^*$ , que indica a cromaticidade no eixo da cor que varia a intensidade do vermelho ( $a^*$  positivo) ou verde ( $a^*$  negativo); e  $b^*$ , que indica a cromaticidade no eixo da cor que mede a intensidade de amarelo ( $b^*$  positivo) ou azul ( $b^*$  negativo). A leitura é feita direcionando o leitor óptico do equipamento para a amostra, que é colocada sobre a placa de Petri.

### **3.6 Análises Reológicas**

#### **3.6.1 Análise de Fluidez**

Método descrito por BHANDARI *et al.* (1998), baseado na medida do ângulo de repouso estático. O material foi despejado vagarosamente de uma altura fixa por meio de um funil de vidro colocado em um suporte, sendo coletado em uma placa de Petri. A partir do raio da placa de Petri e da altura do cone formado pelo pó, determinou-se o ângulo de repouso. Segundo BHANDARI *et al.* (1998), os pós que exibem ângulos de repouso menores que  $45^\circ$  geralmente apresentam a propriedade de escoamento livre, enquanto ângulos acima de  $50^\circ$  indicam coesividade ou problemas de escoamento.

#### **3.6.2 Viscosidade Aparente**

Para a análise viscosimétrica aparente, as soluções de goma exsudada de cajueiro variando de concentrações 1/10, 2/10 e 3/10 (g/mL) foram preparadas em água destilada a temperatura ambiente, sob agitação em agitador magnético por 6 horas. A viscosidade foi avaliada em viscosímetro digital da marca Brookfield com registros de dados comuns de temperatura ( $25^\circ\text{C}$ ), rotação (160 rpm), tempo (s), Flag Impeller Spindle 0 e de viscosidade aparente (cP).

---

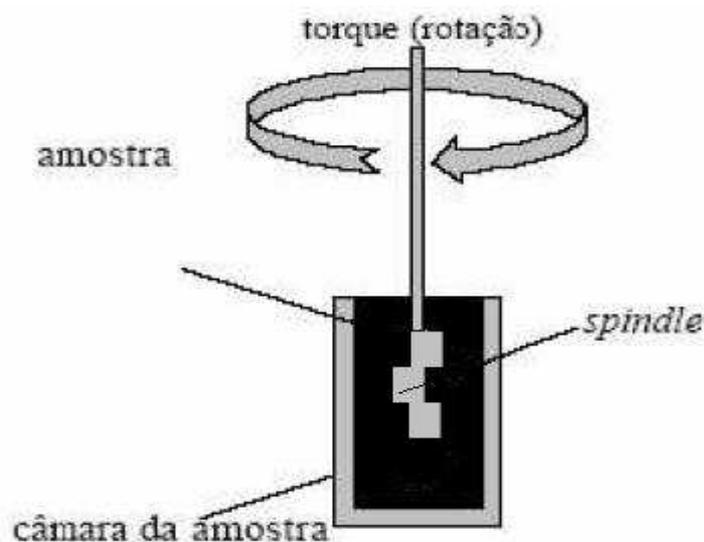


Figura 8. Princípio de operação de viscosímetro rotacional.

Fonte: Manual de operação. BROOKFIELD (2009).

### 3.6.3 Viscosidade Intrínseca

A viscosidade intrínseca é um parâmetro físico-químico que permite avaliar o volume hidrodinâmico de uma molécula em solução (SCHRAMM, 2006). A medida utilizada para o cálculo da viscosidade intrínseca foi o tempo de escoamento, em segundos, das amostras, em diferentes concentrações, em viscosímetro de Ostwald. As análises foram realizadas a  $25^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ . A solução de goma do cajueiro a 2% foi solubilizada nas concentrações 0,8, 0,5, 0,4, 0,2, 0,1  $\text{g}\cdot\text{dl}^{-1}$  permanecendo sob agitação magnética durante 8 horas antes da análise.

Foi analisado o efeito da viscosidade sobre a temperatura de soluções da goma de cajueiro.

## 3.7 Análise tecnológica

### 3.7.1 Capacidade de absorção de água (C.A.A)

Uma amostra de 1g do material estudado foi homogeneizada em 25 mL de água destilada, em tubo de centrífuga graduado por 1 minuto e deixada em repouso por 30 minutos à temperatura ambiente ( $22 - 25^{\circ}\text{C}$ ) e, em seguida, centrifugada por 30 minutos a 2600rpm

(1200 x G). A água retida após a centrifugação foi considerada como água absorvida (SOSULSKI *et al*,1976)

O sedimento no tubo da centrífuga, após separação do sobrenadante foi pesado e a capacidade de absorção de água (CAA) calculado pela Equação 6:

$$\%CAA = \left( \frac{m_s}{m_{as}} \right) \cdot 100 \quad (6)$$

Onde  $m_s$  representa a massa de sedimento seco e  $m_{as}$  representa a massa da amostra seca, ambos expressos em gramas (g).

### 3.7.2 Capacidade de absorção de óleo ( CAO)

Uma amostra de 1g do material estudado foi homogeneizada com 25 mL de óleo de soja refinado em tubo de centrífuga graduado por 1 minuto e deixada em repouso por 1 hora à temperatura ambiente (22 – 25 °C) e, em seguida, centrifugada durante 30 minutos a 1200 x G (LIN *et al*, 1974).

O sedimento no tubo da centrífuga, após separação do sobrenadante foi pesado e a capacidade de absorção de óleo (CAO) calculado pela Equação 7.

$$\%CAO = \left( \frac{m_s}{m_{as}} \right) \cdot 100 \quad (7)$$

Onde  $m_s$  representa a massa de sedimento seco e  $m_{as}$  representa a massa da amostra seca, ambos expressos em gramas (g).

---

## 4. RESULTADO E DISCUSSÃO

### 4.1 Resultado do Processo de Precipitação e Purificação da Goma do Cajueiro

No presente trabalho, após a extração da resina do cajueiro é seguida de uma outra etapa denominada purificação ou fracionamento, que separa o polissacarídeo de materiais que não são carboidratos, tais como proteínas, ou também de outros polissacarídeos que não se deseja extrair. A purificação foi realizada de forma líquida e teve como objetivo remover qualquer tipo de material estranho. Na maioria das vezes, a purificação ocorre por precipitação do polissacarídeo da solução.

A precipitação é normalmente alcançada através da adição de um álcool, como por exemplo, o etanol ou o 2-propanol. Este último é mais utilizado em escala industrial. A precipitação também pode ocorrer pela adição de um agente complexante ou pela mudança do pH da solução coloidal (WHISTLER e MILLER, 1997). Após a remoção dos materiais insolúveis, através de decantação ou filtração, a solução foi secada a temperatura ambiente.

O início do processamento da goma do cajueiro se dá pela moagem mecânica, operação esta, responsável pela trituração dos nódulos de goma em diferentes tamanhos específicos. Um dos benefícios desta operação é que a goma moída dissolve-se de forma muito mais rápida do que os nódulos brutos da goma.

Em seguida, é realizada a etapa de purificação, que consiste na transformação dos agrupamentos ácido do material isolado para a forma de carboxilato. Esta etapa influencia fortemente as características gerais da goma, cujo controle é essencial tanto para um estudo acadêmico, quanto para aplicação industrial.

Desse modo, a purificação de polissacarídeos constitui uma etapa muito importante, pois determina o rendimento que viabilizará ou não o processo produtivo.

A Tabela 3 apresenta o rendimento da goma do cajueiro após o processo de precipitação e purificação a temperatura ambiente.

Tabela 3 - Rendimento da Goma do Cajueiro Purificada.

Goma Bruta (g)	Água Inicial (L)	Água Final (L)	Álcool (L)	Goma (g)	Rendimento (%)
400	2	4	12	334	83,5%

De acordo com a Tabela 3, o processo de purificação da goma do cajueiro tem um bom rendimento. Os 16,5% restantes são resíduos de casca, caule ou grumos insolúveis que foram descartados na etapa de filtração.

Um dos fatores importantes a ser considerado é o rendimento da goma do cajueiro após diferentes tipos de secagem. A Tabela 4 apresenta estes dados.

Tabela 4 – Rendimento da Goma do Cajueiro após os tipos de secagens diferentes.

<b>Tipo de secagem</b>	<b>Rendimento (%)</b>
Estufa	82
Estufa á vácuo	63
Infravermelho	65
Liofilização	82
Spray drying	86

Dentre os processos de secagem utilizados, o que apresentou melhor rendimento foi a secagem pelo spray drying com 86%. O menor valor de rendimento do polissacarídeo obtido neste trabalho pode ser explicado a partir da etapa de secagem.

Os autores Rinaudo (1978) e Anderson (1974) obtiveram o rendimento, respectivamente, 70% para a goma seca em estufa e 50% por liofilização, apresentando etapas do processo de isolamento da goma do cajueiro

## **4.2 Estudo da Cinética de Secagem**

### **4.2.1 Cinética de secagem da goma do cajueiro em secador convencional de bandeja**

Nas Figuras 9, 10 e 11 são apresentados os resultados obtidos a partir dos experimentos de secagem com o secador convencional de bandeja, variando-se as condições de taxa de secagem versus o tempo de secagem.

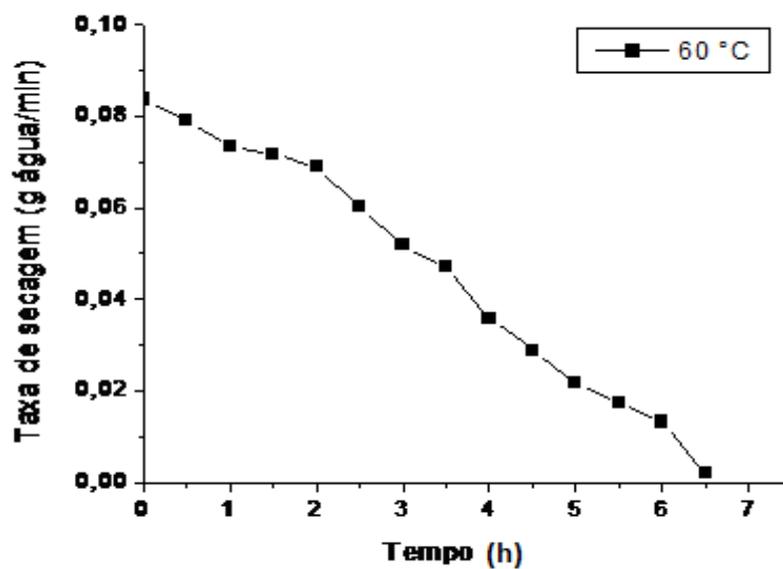


Figura 9 - Taxa de secagem da goma do cajueiro em secador convencional na temperatura de 60 °C.

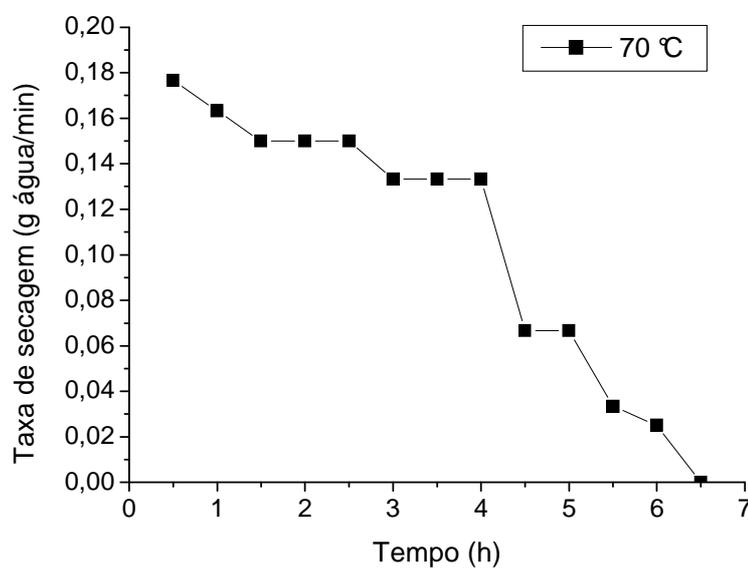


Figura 10 - Taxa de secagem da goma do cajueiro em secador convencional na temperatura de 70 °C.

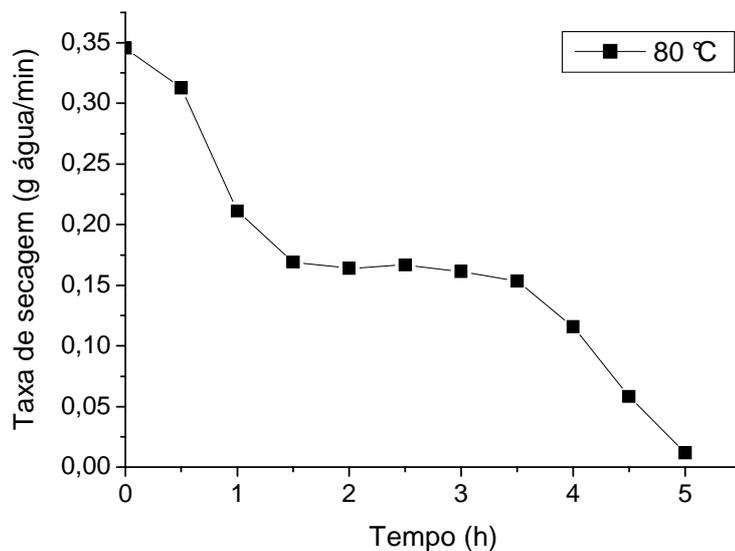


Figura 11 - Taxa de secagem da goma do cajueiro em secador convencional nas temperaturas de 80°C.

Na figura 12, 13 e 14 são apresentados os resultados obtidos a partir dos experimentos de secagem com o secador convencional de bandejas, variando-se as condições de umidade de base seca versus tempo de secagem.

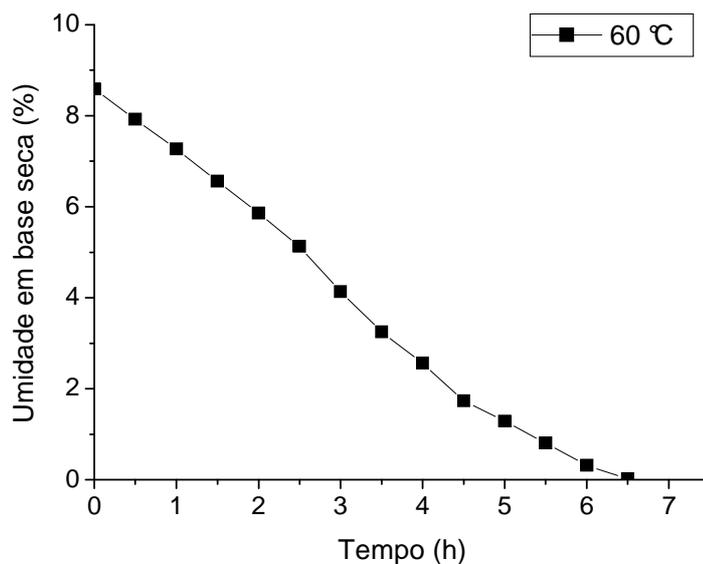


Figura 12 - Umidade presente na goma do cajueiro expressa em base seca obtida em secador convencional a 60°C.

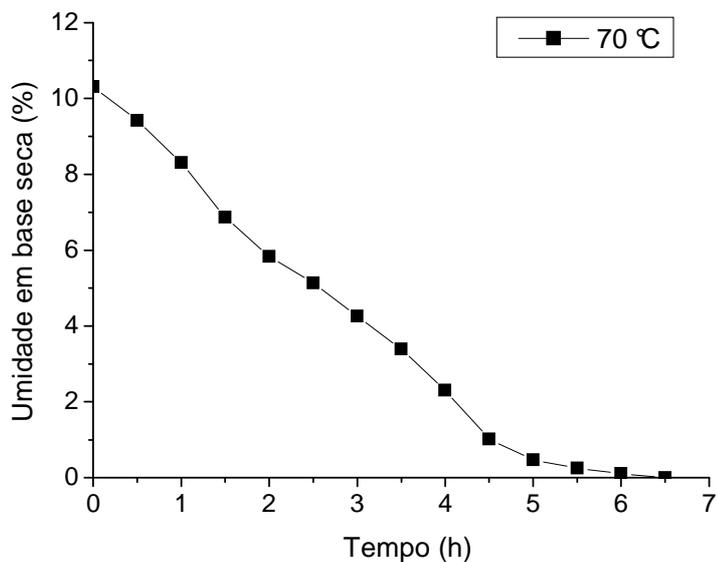


Figura 13 - Umidade presente na goma do cajueiro expressa em base seca obtida em secador convencional a 70 °C.

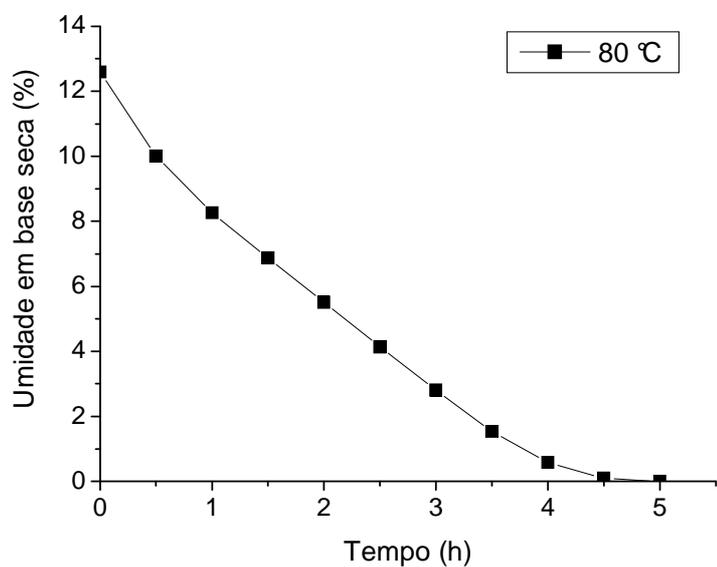


Figura 14 - Umidade presente na goma do cajueiro expressa em base seca obtida em secador convencional a 80 °C.

As curvas de secagem das Figuras 9 a 14 apresentam comportamento similar, mesmo em diferentes condições operacionais de temperatura.

Analisando esses resultados, a temperaturas diferentes, pode-se observar que a temperatura exerce influência reduzindo o tempo de processamento de secagem, pois quanto maior for a temperatura maior, é a taxa de secagem.

O processo de secagem ocorreu no período decrescente para as condições estudadas, não apresentando período de taxa constante, o que pode ter ocorrido pela natureza da umidade, uma vez que, mesmo havendo umidade superficial livre, a água pode estar na forma de suspensão de células e de solução (açúcares e outras moléculas), apresentando uma pressão de vapor maior que a da água pura.

Verificou-se que a perda do conteúdo de umidade é mais rápida no início do processo de secagem. Com relação à temperatura tem-se que quanto mais elevada, maior é a taxa de secagem.

Na figuras 9 a 14 durante o período, taxa decrescente que inicia-se a partir do momento quando a quantidade de água começa a ser deficiente na superfície, onde inicia a umidade crítica, neste ponto a troca de calor não é mais compensada, e conseqüentemente a temperatura do produto aumenta .

A análise das curvas apresentadas nas figuras anteriores ( 9 - 14) nos permite concluir, apesar de apresentar boa aproximação dos resultados, verifica-se que os maiores resíduos obtidos nas primeiras horas do processo de secagem, isto pode ser um indicativo de que alguns atributos tais como a evaporação do líquido e heterogeneidade do produto devem ser levados em consideração.

---

#### 4.2.2 Cinética de secagem da goma do cajueiro em secador infravermelho.

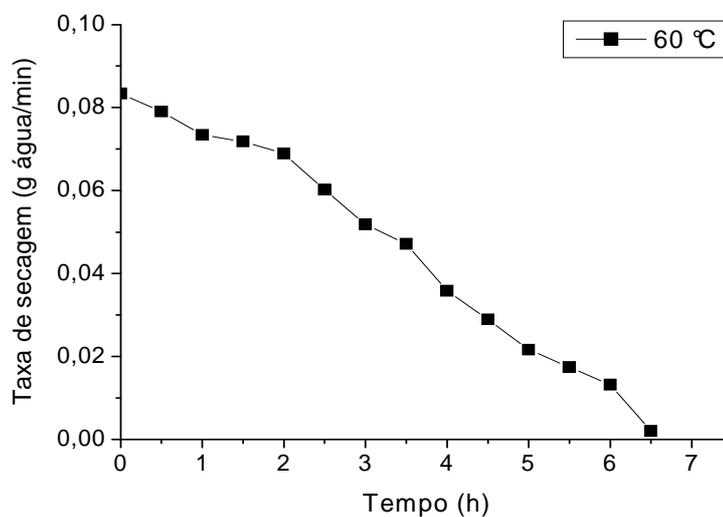


Figura 15 - Taxa de secagem da goma do cajueiro em secador infravermelho na temperatura de 60 °C.

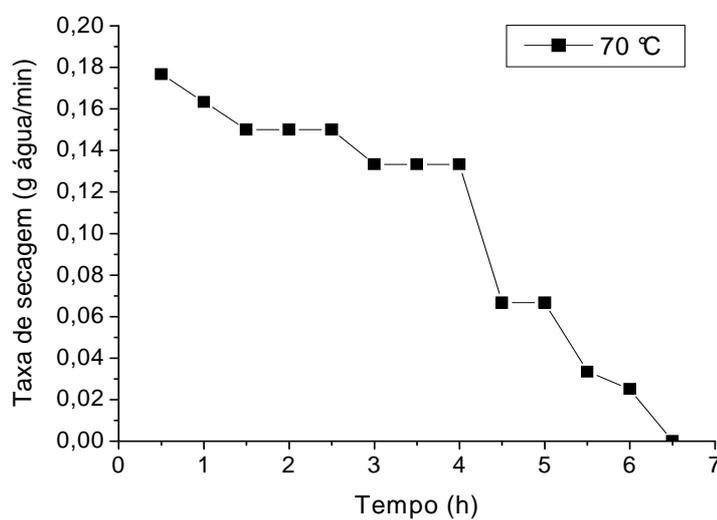


Figura 16 - Taxa de secagem da goma do cajueiro em secador infravermelho na temperatura de 70 °C.

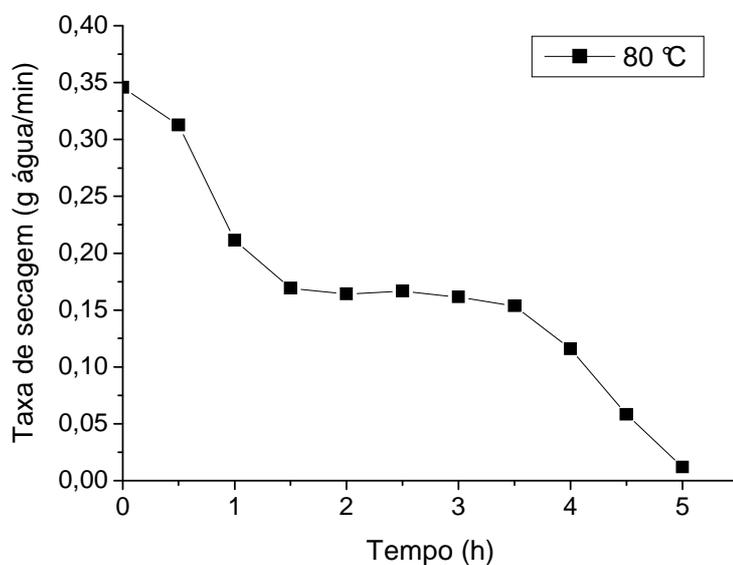


Figura 17 - Taxa de secagem da goma do cajueiro em secador infravermelho na temperatura de 80 °C.

Por outro lado, se a análise a cada 30 minutos o teor de umidade de equilíbrio de secagem vai igualando a zero e o peso se torna constante. Como era esperado, que a temperatura exerce uma influência significativa sobre o comportamento de secagem do material.

Observa-se ainda, que o tempo de secagem, depende da temperatura, todas as curvas para cada critério em particular, representam curvas características de adimensional de umidade similiar, variando amplamente com os valores absolutos da temperatura. As curvas de secagem da umidade de base seca apresentam-se bem definida, ou seja, sem flutuações nos pontos. Indicando uma homogeneidade no secador.

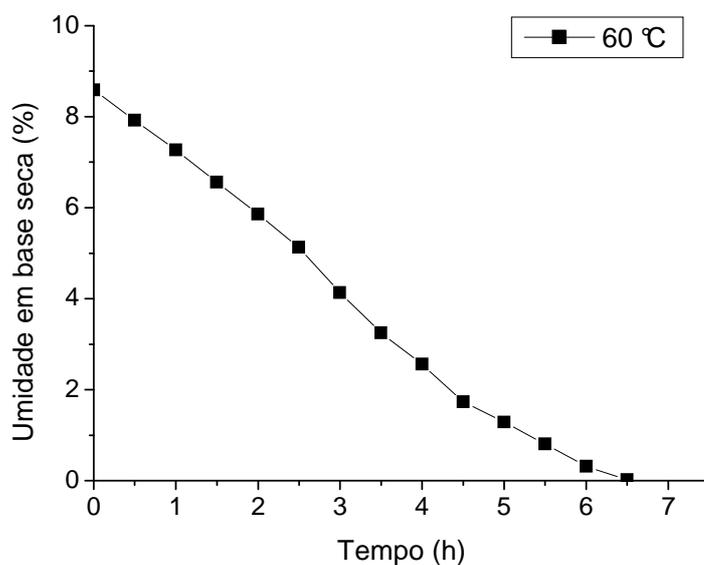


Figura 18 - Umidade presente na goma do cajueiro expressa em base seca obtida em secador convencional a 60 °C.

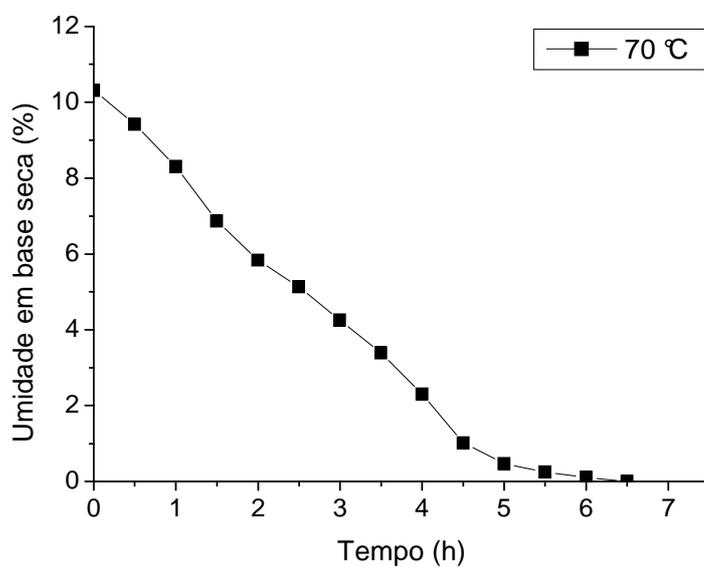


Figura 19 - Umidade presente na goma do cajueiro expressa em base seca obtida em secador convencional a 70 °C.

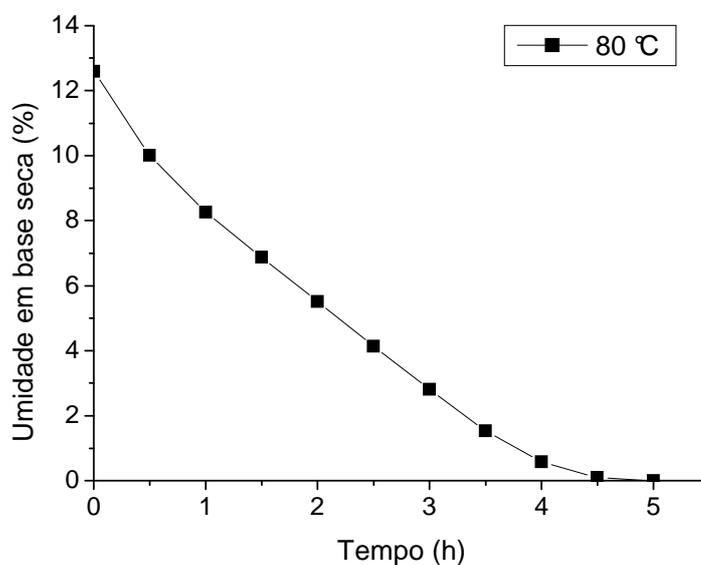


Figura 20 - Umidade presente na goma do cajueiro expressa em base seca obtida em secador convencional a 80 °C.

### 4.3 Análises físico-químicas

#### 4.3.1 Resultados de Umidade, Cinzas, Atividade de água, pH

Na tabela 5 são apresentados os resultados da caracterização físico-química da goma do cajueiro nos diferentes tipos de secagens.

Tabela 5 – Valores médios da caracterização físico-química da goma do cajueiro.

Tipo de Secagem	Umidade Base úmida (%)	Cinzas (%)	Aw	pH
<b>Estufa</b>	12,33 ± 0,8	0,65 ± 0,3	0,23 ± 0,1	5,4 ± 0,5
<b>Estufa a vácuo</b>	9,30 ± 0,5	0,58 ± 0,2	0,45 ± 0,3	5,4 ± 0,5
<b>Infravermelho</b>	10,56 ± 0,6	0,57 ± 0,2	0,32 ± 0,2	5,7 ± 0,5
<b>Spray Dryer</b>	10,47 ± 0,6	0,63 ± 0,3	0,30 ± 0,2	6,0 ± 0,6
<b>Liofilizada</b>	11,13 ± 0,7	0,62 ± 0,3	0,35 ± 0,2	5,5 ± 0,5

A água desempenha um papel importante nas propriedades físicas e funcionais dos polissacarídeos. A maioria dos polissacarídeos possui unidades glicosídicas que, em

média apresentam três grupos hidroxilas. Desse modo, as moléculas dos polissacarídeos são polióis, em que cada cadeia hidroxila pode formar pontes de hidrogênio com uma ou mais moléculas de água. Assim, possuem uma forte afinidade para aprisionar moléculas de água e capacidade de rapidamente se hidratar. Os polissacarídeos devem apresentar um teor de umidade na faixa de 8-12% (WHISTLER e MILLER, 1997).

A goma do cajueiro foi colocada em uma balança de secagem e a perda foi medida por gravimetria. A média do teor de umidade encontrada para este material em diferentes secagens foi de 9,30 %, com desvio padrão de 0,5 e 12,33 %, com desvio padrão de 0,8, estando dentro dos limites citados.

Estes valores são compatíveis com os obtidos por Marques (1990) para gomas do cajueiro de várias localidades do Ceará, os quais variam entre 12,1% a 15,6%. Os resultados foram, no entanto, maiores do que os determinados por Anderson (1974) para as gomas do cajueiro da Índia e da Nova Guiné (9,5% e 7,9%, respectivamente).

Observamos que as gomas isoladas pelo método de Rinaudo e Anderson apresentam teores em umidades superiores aos encontrados para a maioria das gomas exsudadas de árvores como: *Acacia Senegal* (11%), *Araucaria calymbea* (variou entre 5,4% e 10,7%), *Lannea coromandelica* (11,8%), *Lannea humilis A* (10,6%) e *Terminalia superba* (12,2%).

Entretanto, teores altos de umidade podem ser observados na goma caraia da África (15,5%) e da Índia (18,4%). O teor de umidade das amostras para cada tipo de secagem depende das condições climáticas do local onde elas foram isoladas e do processo de secagem da goma. Os altos valores de umidade da goma seca em estufa pode estar associada, então, ao elevador teor de umidade do ar local. O baixo valor de umidade encontrado na secagem em estufa a vácuo pode ser associado a utilização da alta temperatura de 105 °C numa pressão de 60 mmHg no processo. Além disso, neste método, evitou-se secar demais a goma, pois a perda de umidade favorecia a agregação e a insolubilização do material.

As cinzas, numa faixa de temperatura entre 500 °C e 700 °C, consistem em óxidos e carbonatos dos cátions presentes, provavelmente pela formação de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{CaCO}_3$  e  $\text{MgO}$ .

Segundo Pinto *et al* (1995) fazendo o estudo de comparação de três gomas de exsudado de Anacardiaceae entre elas (*Anarcadium occidentale*, *Spondias purpurea* e *Spondias mombin*) observou que os resultados nas espécies referentes as cinzas *Spondias* foi

---

de 9,9 a 8,2% respectivamente, enquanto *Anarcadium occidentale* foi entre 1,1 a 1,7% esses valores depende muito das condições geográficas.

Os valores obtidos pelos processos de secagens aplicados são compatíveis com alguns trabalhos da literatura, porém inferiores aos limites observados para a maioria das gomas de exsudados de árvores. Segundo Anderson *et al* (1974) a maioria gomas exsudadas têm valores entre (1,1 % a 4,2%). Existem, no entanto, exceções para goma da espécie *Termilia superba* (0,6%), dependendo da origem da goma. O teor de cinzas deve estar associado ao teor de resíduos ácidos na forma de sal.

Segundo Carvalho (1994) a atividade de água ( $A_w$ ) é uma medida da quantidade de moléculas de água livres ou ativas, geralmente obtida em relação à pressão de vapor da água pura. Esta medida é de fundamental importância, visto que, por meio dela, podem ser previstas reações químicas e enzimáticas, e desenvolvimento de microrganismos. A partir do conhecimento da  $A_w$  pode-se, também, propor sistemas adequados de embalagem para o produto.

Na análise de atividade de água para a goma do cajueiro houve uma variação em torno de 0,23 a 0,45 a uma temperatura de 26 °C. Com relação atividade de água foi baixo, isto é muito bom a questão de armazenamento do produto.

Segundo Troller (1980) demonstrando que os microrganismos que têm valores de  $A_w$  inferiores a 0,60 não possibilitam deterioração microbiana, pois não permitem crescimento de microrganismo, embora eles ainda possam sobreviver.

É importante lembrar que a atividade de água nos alimentos é causada, principalmente, pela própria natureza química dos compostos orgânicos do produto, tais como açúcares (principalmente nos frutos), a existência de forças intermoleculares do tipo Van der Walls, da capacidade de grupos hidroxílicos para formar ligações com moléculas de água e do tipo de processo usado na desidratação (PEREIRA, 2006).

Entre os fatores que mais afetam essas características é o pH da etapa de dissolução e a proporção de etanol/água. Quando o meio é ácido, a goma purificada apresenta problema de solubilidade, pois nestas condições existe maior probabilidade de formação de pontes de hidrogênio entre as moléculas. Segundo Azzez (2003) o pH 3,0 de angico e chicá podemos ter como referência Os resultados obtidos de pH através das diferentes secagem da goma do cajueiro, observa-se que não houve diferença no pH após a secagem da goma , pois

---

segundo (AZZEZ, 2005) temos uma variação de 4,2 para a goma do cajueiro, comparando com o pH da goma Acácia Senegal que possui um pH natural de 3,9 – 4,9.

#### 4.3.2 Teores de Nitrogênio e Proteína

Os conteúdos de Nitrogênio (Tabela 6), determinados para as gomas, são compatíveis com os resultados obtidos por Marques (1990), para a goma do cajueiro de várias localidades do Ceará (0,13% - 0,17%) e com o obtido por Anderson (1974) para a goma da Papua (0,16%), porém são inferiores ao determinado para a variedade indiana (0,45%).

Tabela 6 – Teor de Proteínas das gomas de cajueiro por vários métodos de secagem.

Tipo de Secagem	Proteínas (%)
Estufa	1,2 ± 0,1
Estufa a Vácuo	1,1 ± 0,2
Infravermelho	1,1 ± 0,2
Spray Dryer	1,2 ± 0,1
Liofilizada	1,2 ± 0,1

Comparado os dados da Tabela 6 observamos que os teores de proteínas são similares para todas as amostras. Esperávamos um teor de proteínas maior para a goma liofilizada, do que para as gomas secas em estufas e spray, pois não haveria possibilidade de degradação das proteínas.

No processo de purificação parte das proteínas poderia ter permanecido em solução quando as gomas foram coaguladas com etanol. A similaridade dos valores indica também, que o percentual de Nitrogênio refere-se somente a proteína (composto molecular), visto que compostos nitrogenados de baixo peso molecular teriam sido eliminados no processo. Esta similaridade pode sugerir a existência de proteínas agregadas aos polissacarídeos, como acontece para a goma arábica que é um complexo arabinogalactano proteína (AGP).

Os valores obtidos para as nossas amostras são menores que o determinado para a espécime indiana (2,8%), mas similares ao da espécime indiana (1%), determinados por Anderson (1974) através de %N \* 6,25.

Marques (1990) utilizou o método de Bradford (1976) para determinar diretamente o teor de proteínas de varias amostras de gomas de cajueiro do Ceará. Encontrou valores que variam de 0,34% a 0,66%, dependendo da origem da goma. Estes valores são inferiores aos obtidos no presente estudo (Tabela 6).

Pode concluir, portanto, que apesar das restrições, o método de determinação de proteína através de análise elementar é válido. Além disso, os resultados de Anderson (1974) (para a goma indiana e papuano), utilizados como comparação, foram obtidos através de análise elementar.

### 4.3.3 Teor de Minerais

As gomas exsudadas de árvores são, em geral, constituídas de um polissacarídeo ácido complexo na forma de sal.

Com a finalidade de verificar o teor de minerais presentes na goma do cajueiro Tiomno (1946) analisou suas cinzas através de análise espectrofotométrica e detectou a presença de K, Mg, Fe e Al além de traços de Na e Mn. Os minerais encontrados na (Tabela 7) são semelhantes nos diferentes tipos de tratamento da secagem da goma analisado pelo método de fluorescência.

Tabela 7- Teor de Minerais

<b>Tipos de secagem</b>	<b>Ca</b>	<b>K</b>	<b>Al</b>	<b>P</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>
Estufa	58,21	16,08	8,72	Traços	Traços	Traços
Estufa a vácuo	51,15	2,64	7,21	Traços	Traços	Traços
Spray dryer	62,7	16,29	4,37	Traços	Traços	Traços
Liofilizada	65,76	17,27	4,64	Traços	Traços	Traços
Infravermelho	54,9	17,45	4,27	Traços	Traços	Traços

Os resultados obtidos após a secagem mostram que os minerais presentes na goma purificada são, principalmente, cálcio e potássio. Constata-se, também, uma diminuição nos teores de alumínio e fósforo, além de presença de ferro e manganês. Isso significa que estes minerais estão fortemente ligados a goma do cajueiro.

#### 4.3.4 Rotação Ótica

As soluções aquosas de gomas exsudadas de árvores de plano de luz polarizado para a direita, como na goma *Lannea coromandelica*, Anderson (1970), ou para esquerda, como determinado para a goma da *Acacia Senegal*, Biswas (1970) e da *Terminalia sericea*, Anderson (1970).

Segundo Tiomno (1946) encontrou que as soluções aquosas da goma do *Anacardium occidentale* são dextrorrotatórias. A rotação ótica obtida para as soluções das gomas com diferentes secagens, em água está na Tabela (8).

Tabela 8 – Rotação Ótica

<b>Tipo de Secagem</b>	<b>Rotação Ótica °</b>
Estufa	+ 23,9 <sup>0</sup> ± 0,3
Estufa a Vácuo	+ 25,9 <sup>0</sup> ± 0,1
Infravermelho	+ 22,7 <sup>0</sup> ± 0,2
Spray Dryer	+ 23,9 <sup>0</sup> ± 0,3
Liofilizada	+ 24,9 <sup>0</sup> ± 0,4

Estes valores estão na mesma faixa do obtido por Anderson (1970) para as gomas da Índia (+ 24,2°) e da Papua (+ 23,6°), mas são superiores ao obtido por Bose e Biswas para à espécime indiana (+ 18,03).

#### 4.3.5 Solubilidade

Todos os pós apresentaram boa solubilidade, spray dryer e liofilizada entre 75% a 69% respectivamente. Segundo Cano - Chua *et al* (2005), a solubilidade do pó atomizado resultante como a goma arábica que possui uma solubilidade de 90%, assim implica que a goma do cajueiro gerou um pó levemente menos solúveis comparado com água arábica pois em características apresentam amorfas em estudo. O tamanho de partícula e a densidade do pó afeta as características de dissolução do produto. O material granulado como o caso da goma seca em estufa a vácuo, estufa e infravermelho tem uma solubilidade em torno de 60%,

63% e 65% demora mais tempo para se dissolver, isto deve-se a perda de umidade favoreceria a agregação e a insolubilização do material. Já o material em pó promove uma hidratação rápida, mas não se dispersa tão facilmente, sendo necessária uma boa agitação. Geralmente as celuloses modificadas formam soluções inodoras, incolores e sem sabor. As celuloses modificadas, na forma de pó ou grânulos, são capazes de absorver a água da atmosfera, logo são desejáveis armazenar estes produtos em embalagens herméticas.

#### **4.3.6 Higroscopicidade**

A higroscopicidade dos pós avaliados ficou entre 37,21 g e 45,86 g de água absorvida/100g do pó. Esses resultados parecem indicar uma higroscopicidade bastante elevada, porém é preciso esclarecer que os pós durante o teste foram expostos a umidade relativa a 90% (muito alta), sem que estivessem protegidos do ambiente por meio de uma embalagem; ou seja, como as condições apresentadas foram abusivas, os resultados não apresentaram a higroscopicidade real do produto quando em condições normais de armazenamento durante a vida de prateleira. Nesse caso, invariavelmente o produto estaria acondicionado em embalagem aluminizada de alta barreira a umidade. Assim, os resultados possuem apenas efeito comparativo, para que se possa entender o impacto das condições de processamento sobre a absorção de água.

#### **4.3.7 Colorimetria**

As variações de cores da goma do cajueiro se dão muito em função do pH. Assim, exibem coloração que variam de amarelo muito pálido para laranja dourado, e com pH de aproximadamente 4,5. O que pode também promover mudanças de cor da goma do cajueiro e suas propriedades enzimáticas (oxidases, peroxidases e pectinases) que podem causar problemas em algumas formulações.

A cor é um atributo de qualidade inerente de cada alimento e muito importante para a maioria dos consumidores.

A goma do cajueiro dissolve prontamente em água, gerando soluções claras que variam da coloração amarelo muito pálido para laranja dourada.

---

A luminosidade para ambas as amostras apresentou um decréscimo mais acentuado no tratamento de secagem em estufa a vácuo com coloração caramelizada.

Quanto à goma seca em spray dryer e liofilizada tem  $L^* = 92,27$  e 81 apresentando cor mais próxima do branco.

Tabela 9 – Análise da cor das gomas de cajueiro por vários métodos de secagem.

Gomas do Cajueiro	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Estufa	62,68	5,11	20,75
Estufa á Vácuo	29,56	4,16	5,19
Infravermelho	54,09	4,02	6,21
Spray Dryer	92,27	0,53	5,33
Liofilizada	81,84	1,47	11,52

$L^*$  ( 0= preto e 100 = branco);  $a^*$  (- 80 até zero= verde e do zero ao +100 = vermelho);  $b^*$  (-100 até zero = azul , do zero ao + 70 – amarelo).

A associação da cor com aceitabilidade de um produto e universal, para ter boa aparência nos produtos foi realizado teste de aplicação da goma do cajueiro em suco de abacaxi concentrado. O resultado obtido apresenta que a goma do cajueiro seca pelos diferentes métodos teve boa aparência nos sucos de abacaxi acrescentado 1% de goma do cajueiro Como pode ser visto na Tabela 10, houve pouca variação nos parâmetros  $L$ ,  $a$  e  $b$  e a diferença entre os parâmetros do suco de abacaxi acrescentada com a goma do cajueiro a 1% foi pequena. Do ponto de vista industrial, cada vez mais tem se buscado a fabricação de produtos que mantenham ao máximo das suas características iniciais enquanto matéria- prima. De maneira geral, todos os sucos apresentaram uma boa manutenção de cor.

Tabela 10 – Análise Instrumental do suco de abacaxi com 1% de goma do cajueiro em diferentes secagens.

Suco de Abacaxi	$L^*$	$a^*$	$b^*$
Estufa	$52,70^a \pm 3,20$	$3,11^b \pm 0,13$	$13,11^b \pm 0,68$
Estufa á Vácuo	$33,01^b \pm 2,98$	$2,48^b \pm 0,29$	$13,93^a \pm 0,47$
Infravermelho	$45,42^b \pm 2,76$	$3,10^b \pm 0,12$	$13,58^a \pm 3,20$

Spray Dryer	54,00 <sup>a</sup> ± 3,33	2,65 <sup>b</sup> ± 0,27	13,34 <sup>a</sup> ± 3,20
Liofilizada	52,97 <sup>a</sup> ± 3,30	2,45 <sup>b</sup> ± 0,25	12,85 <sup>b</sup> ± 3,20

L\* ( 0= preto e 100 = branco); a\* (- 80 até zero= verde e do zero ao +100 = vermelho); b ( -100 até zero =- azul , do zero ao + 70 – amarelo).

#### 4.4 Análises Reológicas

##### 4.4.1 Resultado do teste de fluidez

O ângulo de repouso é útil para se obter informações sobre a fluidez de sólidos (Bhandari *et al.*,1998, Shittu e Lawal (1995). Shittu e Lawal (2007) exemplificam a importância da determinação do ângulo de repouso da seguinte maneira: “durante a reconstituição do pó, as moléculas de água que hidratam a superfície tendem a reduzir a coesividade interpartículas, permitindo assim uma penetração mais rápida, portanto, pós que possuam ângulos de repouso altos apresentam maior dificuldade de incorporação á água.

Segundo o critério sugerido por Bhandari *et al* (1998), os pós que apresentam ângulos de repouso menores que 45° apresentam a propriedade de escoamento livre, enquanto acima de 50 ° indicam coesividade ou problema de escoamento.

Na tabela 10 estão apresentados os ângulos de repouso dos pós de goma do cajueiro obtida nesse trabalho está situada na área definida pelo autor sendo de transição entre escoamento livre e problema de escoamento, ou seja, a fluidez da maioria dos pós foi satisfatória, mas não excelente.

Tabela 11 – Teste de Fluidez na goma do cajueiro.

Gomas	Ângulo
Estufa	29,54 <sup>0</sup> ± 0,3
Estufa á Vácuo	27,69 <sup>0</sup> ± 0,4
Infravermelho	29,32 <sup>0</sup> ± 0,3
Spray Dryer	22,98 <sup>0</sup> ± 0,5
Liofilizada	36,75 <sup>0</sup> ± 0,1

#### 4.4.2 Viscosidade Absoluta

A goma do cajueiro é classificada na categoria das gomas pouco viscosas. A solução de 1% de goma do cajueiro a 25°C apresenta viscosidade 1,0 mPas s, comparável a da goma do angico ( 1,1 mPas s), e á da goma arábica ( 1,8 mPas s).

Outras gomas industriais, como metil celulose, carboximetilcelulose, caraia, tragacanta, na mesma concentração, têm viscosidade bem superior, na faixa de 1.100 a 3.400 mPas s .

A concentração tem influência moderada sobre a viscosidade, a solução com concentração 2% tem viscosidade de 1,4 mPas s, enquanto as soluções de concentração 3 e 4 %. Em concentrações superiores a 40%, soluções de goma arábica ainda exibem um comportamento newtoniano, ao contrario da goma do cajueiro. Têm viscosidade de 1,6 mPas s e 2,7 mPas s , respectivamente.

A goma exsudada de cajueiro, em contraste a goma arábica, exhibe um comportamento não newtoniano mesmo em concentrações inferiores a 1% (ZAKARIA & RAHMAN, 1996).

Quanto mais enovelada for a estrutura da molécula, tanto menor será o volume específico da molécula no fluido. Desta forma, será menor a área de contato entre as superfícies da molécula e o solvente, havendo diminuição nas chamadas camadas de solvatação que circulam a estrutura da molécula. Como resultado, tem-se uma diminuição na viscosidade da amostra com concentração a 10%.

A mistura polissacarídica do exsudado do cajueiro quando em soluções concentradas tende a apresentar baixa viscosidade, devido á sua estrutura da cadeia altamente ramificada, resultado de acordo com o proposto por MENESTRINA e colaboradores (1998) para a goma exsudada de cajueiro.

Em soluções diluídas do polímero, onde as moléculas estão bastante separadas, a viscosidade apresenta leve dependência do gradiente de cisalhamento.

Com o aumento da concentração do polímero intermediária, a viscosidade é controlada primariamente pela extensão na qual a cadeia polimérica interpenetra, indicando o volume ocupado pela molécula de polímero na solução. Tais resultados estão em conformidade com estudos prévios sobre comportamento reológico da resina de cajueiro (MOTHÉ & RAO, 1999).

---

Pode ser sugerido que a aplicação de calor durante a dissolução da goma de cajueiro, apesar de aumentar a quantidade de goma dispersa, pode vir a diminuir a viscosidade. O calor que venha a ser aplicado à solução da goma de cajueiro pode promover aumento na degradação de moléculas através de hidrólise, ou simplesmente promover a ruptura física das interações naturais na goma, assim como observado para a goma arábica (WHISTLER; BETMILLER, 1993; ZACARIA; RAHMAN,1996).

Segundo Oliveira e colaboradores (2001), em trabalho referente a alterações observadas no comportamento reológico de resina exsudada de *Enterolobium contortisiliquum*, uma leguminosa, sugerem explicação semelhante para a alteração de viscosidade.

Os resultados obtidos da viscosidade em concentração de goma a 1% variou em torno de 1,66 a 1,68 mPas (milipascal), para a goma com 2% em torno 2,33 a 2,58% mPas (milipascal), e as gomas com 3% de concentração obteve-se 3,45 a 3,66 mPas (milipascal), ou seja ,comporta-se com uma viscosidade baixa , para alguns autores a goma do cajueiro apresentou viscosidade em torno de 1,90 mPa.s.

Nas gomas estudadas através de tipo de secagem diferentes os valores da viscosidade tiveram a mesma resposta, apesar da diferentes temperaturas obtidas no processo não alterou os resultados, pois sabemos que a temperatura ela diminui a viscosidade.

Outro ponto que vale ressaltar é que esses resultados estão de acordo com Zakaria; Rahman (1996), já que a goma exsudada de cajueiro (fração solúvel) apresenta viscosidade mais alta que a observada para goma ghatti, pois essa ultima possui alto conteúdo de íons cálcio e magnésio.

#### **4.4.3 Viscosidade Intrínseca**

O viscosímetro capilar os quais envolvem um fluxo laminar são empregados para medidas de viscosidade. Neste viscosímetro o tempo de fluxo é um indicador do coeficiente de viscosidade da solução.

Dentre os experimentos mais freqüentes utilizado no estudo de polissacarídeos em solução estão as medidas de viscosidade.

O estudo dos fatores que afetam a viscosidade das gomas em solução é extremamente importante para o desenvolvimento dos processos industriais.

---

Em geral as soluções apresentam um fluxo não newtoniano e pseudoplástico. Normalmente, o fluxo newtoniano só é observado em soluções muito diluídas de gomas (concentração 1g/100mL) onde as moléculas do soluto praticamente não interagem entre si.

A goma arábica é uma exceção, pois apresenta fluxo newtoniano até uma concentração de 40%.

Devido ao fato de a goma do cajueiro possuir características semelhantes às da goma arábica, utilizamos nos estudos reológicos soluções de até 3%, considerando que estas também possuiriam um fluxo newtoniano.

O estudo das soluções de goma do cajueiro a variação da viscosidade com a concentração.

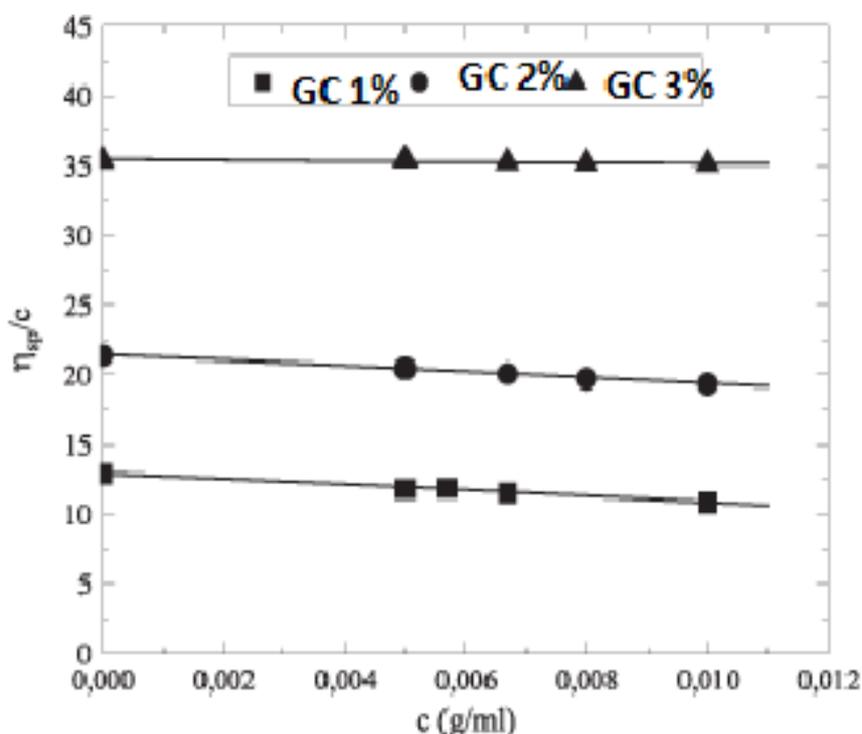


Figura 21 – Viscosidade  $\eta_{sp}/c$  versus concentração da goma do cajueiro.

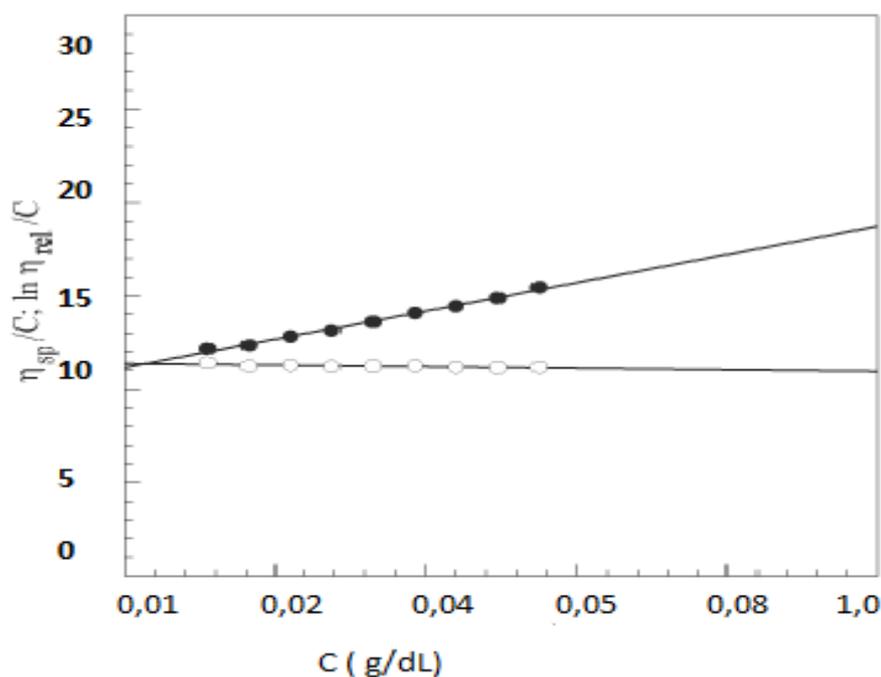


Figura 22- Viscosidade Intrínseca da goma do cajueiro a 2% em diferentes diluições

A viscosidade intrínseca da goma do cajueiro foi determinada através de curvas  $\eta_{\text{esp}}/c$  versus  $c$  (concentração da goma) quando  $c$  tende a zero. As concentrações das soluções foram corrigidas levando-se em consideração o teor de umidade das gomas. Observa-se que as curvas  $\eta_{\text{esp}}/c$  versus  $c$  são lineares.

#### 4.5 Análises Tecnológicas

##### 4.5.1 Capacidade de absorção de água (CAA) e Capacidade de absorção de óleo (CAO)

Na Tabela 11 mostram os resultados para a caracterização granulométrica da goma do cajueiro. A goma seca na estufa a vácuo foi a que apresentaram maior tamanho de partículas, 57,5% as partículas foram retidas com 30 a 50 mesh, seguida para a goma seca no spray dryer de 9,11%. Este valor elevado com o tamanho da partícula foi devido ao tipo de moagem utilizado na trituração.

Tabela 11 – Distribuição dos tamanhos de partículas da Goma do Cajueiro nos diferentes tipos de secagem.

Tamanho das partículas (mesh)	Método de secagem				
	Estufa (%)	Estufa a Vácuo (%)	Infravermelho (%)	Spray Dryer (%)	Liofilizada (%)
30	3,95	25,73	0,98	0,04	0,42
40	5,165	14,41	4,66	0,00	4,87
50	10,91	17,38	12,36	14,40	10,11
70	12,90	11,31	13,25	2,87	12,37
100	9,98	6,61	10,17	17,29	10,60

Segundo Borges *et al.*(2003), o tamanho da partícula influencia diretamente na capacidade de absorção de água, fato que foi demonstrado na tabela 11. A goma seca em estufa a vácuo foi a que mostrou maior granulometria retendo menor volume de água e óleo. A goma seca no spray dryer e liofilizada se destacou em absorção de água (255,61 e 255,27 %) e absorção de óleo (173,12 e 172,84%).

A capacidade de absorção de água (%CAA) e de óleo (CAO) da goma do cajueiro tem propriedades funcionais de importância para aplicação nos alimentos, além das organolépticas, são as físicas (solubilidade, capacidade de absorção espontânea de água) e as de superfícies (emulsificação, capacidade de absorção de óleo), além da viscosidade (propriedades reológicas).

Tabela 12 - Capacidade de absorção de água (CAA) e Capacidade de absorção de óleo (CAO) da goma do cajueiro em diferentes tipos de secagem.

Tipo de Secagem	CAA ( g de água/ g de amostra seca)	CAO ( g de óleo/ g de amostra seca)
Estufa	1,81 c	1,45 b
Estufa a vácuo	2,08 b	1,53 b
Infravermelho	2,16 b	1,17 a
Spray dryer	2,55 a	1,49 b
Liofilizada	2,50 a	1,46 b
CV%	3,89	4,81

As letras iguais na mesma coluna indicam que não existe diferença significativa na prova de Tukey, a 5% de probabilidade.

A capacidade de absorção de água das diferentes tipos de secagem de goma foi de aproximadamente duas vezes o peso de água por grama da amostra com exceção da goma seca em estufa a vácuo que foi de 2,55 vezes.

À medida que a quantidade de água que determina a goma é capaz de absorver quando de excesso desses líquido, isso esta relacionado com a parte solúvel da goma. Os valores encontrados para a goma do cajueiro seca em spray dryer e liofilizados são superiores as demais.

---

## 5 CONCLUSÕES

Um dos objetivos deste trabalho foi analisar o melhor método de secagem para a goma do cajueiro, sem que alterasse suas propriedades físico-químicas, reológicas tecnológicas e que tivesse um bom rendimento para a utilização da goma para um processo industrial

Com base nos resultados obtidos e discutidos neste trabalho, as conclusões apresentadas são as seguintes.

As características da goma do cajueiro dependem do método de purificação.

Após a purificação e o processo de secagem por spray drying e liofilizada foi o mais adequado ao estudo acadêmico, pois forneceu uma goma mais pura, mais solúvel em água, além de apresentar em melhor rendimento para a goma do cajueiro.

As curvas da cinética de secagem para o secador de bandeja e infravermelho utilizados neste trabalho apresentam o mesmo comportamento que é característico do processo de secagem.

Os resultados das análises de umidade, cinzas, pH e atividade de água, demonstraram que os diferentes tipos de secagem, não afetou significativamente a goma do cajueiro, proporcionando uma boa qualidade para a goma.

Os valores de rotação ótica são independente da origem da goma.

A avaliação de solubilidade e higroscopicidade apresentaram boa solubilidade e indicar uma higroscopicidade bastante elevada

A goma seca por liofilização e spray drying apresentam melhor luminosidade.

A avaliação tecnológica da goma do cajueiro com relação a capacidade de absorção de água (%CAA) e de óleo (CAO) da goma do cajueiro tem propriedades funcionais de importância para aplicação nos alimentos, além das organolépticas, são as físicas (solubilidade, capacidade de absorção espontânea de água) e as de superfícies (emulsificação, capacidade de absorção de óleo), além da viscosidade (propriedades reológicas).

A goma do cajueiro apresenta composição e propriedades que permitem indicá-la como substituto da goma arábica, em várias aplicações industriais.

---

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AKPINAR,E. K.; BICER, Y.; YILDIZ,C. Tin-layer drying of red pepper. **Journal of Food Engineering** 59,p.99-104, 2006.
- AMR,A.;HADIDI,N. Composition and Analysis Food. **Journal of Food**, v. 14, p. 59-67, 2001. CHOW, C. K., HONG,C.B. Toxicology, v. 180, p. 195-207, 2005.
- ANDERSON, D. M. W.; HIST, S. E.; STORDDART, J. F. Studies on uronic acid materials. Part. XV. The use of molecular sieve chromatography in studies on *Acacia Senegal gum* (Gum arabic). **Carbohydr. Res.**, Amsterdam, v. 2, p. 104-114, 1966a.
- ANDERSON, D. M. W.; HIST, S. E.; STORDDART, J. F. Studies on uronic acid materials. Part. XXI. Some structural features of *Acacia Senegal gum* (Gum arabic). **J. Chem. Soc.**, London, p. 1959 – 1966, 1966b.
- ANDERSON, D. M. W & Mc. DOUGALL, F. J.,. The characterization of four proteinaceous Acacia gums which are not permitted food additives.**Food Hydroc.** 1, 137, 1987.
- ANDERSON, D. M. W;BELL,P.C.; e MILLAR,J.R.; **Phytochemistry** , 13, 2189, 1974.
- ANDERSON, D. M. W.,GILL, M. C. L. The composition of *Acacia* gum exudates from species of the subseries Juliflorae. **Phytochemistry**, Oxford, v. 14, p.739-741, 1975.
- ARAUJO, J. M. A. **Química de alimentos: teoria e prática**. 3. Ed.Viçosa: UFV, 2004.
- ARAUJO,F.M.M.C.; MACHADO,A.V. Avaliação bioquímica do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale,L.*) . Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos (CBCTA), Belo Horizonte – MG, v.3,p.44-51, (2008).
- ARAUJO, E. O.; Effects of certain preservatives on the aging characteristics of acacia **J. Pharmaceutical sciences**. 55, 639, 1966.
- ASPINALL,G.O. Gums and mucilagens. In: WOLFROM, M. L.; TIPSON, R. S. (eds.), Adv. **Carbohydr. Chem. Biochem.** New York: Academic Press, 1969. v. 24, p.333-379.
- ASPINALL,G.O.; BAILLIE, J. Gums Tragacanth.Part II Arabinogalactan. **J. Chem. Soc.**, London, p. 1714-1721, 1963.
- AZEREDO,H. M.C. Fundamentos de estabilidade de alimentos. Fortaleza: **Embrapa Agroindústria Tropical**- 2004.195p.
- AZZEZ,O.S.; Production of gum frim cashew tree latex. Leonardo **Electronic Journal of Practices and Tecnologies**, v. 7, p.17-22,2005
-

BANDEIRA, C.T. Métodos de extração da goma de cajueiro. Fortaleza: **EMBRAPA-CNPc**, 2p.1991.

BARBOSA, J.M. **Cajueiro. Galeria de inventores brasileiros**. Janeiro de 2003. Disponível em : < <http://www.inova.unicamp.br/inventabrasil/cajuei.htm>> . Acesso em 07/10/2009.

BARNES, H.A.; HUTTON, J.F.; WALTERS, K. an Introduction to Rheology. 1<sup>st</sup> . ed. Amsterdam: **Elsevier**, 1989.

BECHER, P. **Emulsions: Theory and practice**. **Oxford University Press**, 2001.

BELESSKI- CARNEIRO, E.B.; GANTER, J. L. M. S., REICHER, F. Structural aspects of the exsudate from the fruit of *Chorisia speciosa* St. Hil. Int. **J. Biol. Macromol.**, Amsterdam, v.26, p. 219-224, 1999.

BLUNT. H. G.; Gum Arabic, **Orford University Press**, 1926,

BRADFORD, M. M.; **Analytical Biochem.**, 72, 248, 1976.

BROOKER, D.B.; BAKKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. Drying cereal grains. 2.ed. **Westport: The AVI. Publishing Co**, p.265, 2004

BHANDARI, B. R.; DATTA, N.; D'ARCY, B. R.; RINTOUL, G. B. Co-Crystallization of honey with sucrose. **Lebensmittel-Wissenschaft und – Technologie**, v.31, n. 2, p. 138-142, 1998.

BeMILLER, J. N. Industrial Gums. **Encyclopedia of Polymer Science and Engineering**, John Wiley & Sons, v. 7, 1987.

BISWAS, M & BOSE, S.; **Science and Culture**, 32, 134, 1965

BISWAS, M & BOSE, S.; **Indian Journal de Biochemistry** 7, 68, 1970

CARVALHO, S. M. L.; **Determinação de isothermas de adsorção da farinha d'água obtida de mandioca ( *Manihot esculenta* )**. Belém 1994. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Tecnologia de Alimentos) – Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Pará ( UFPA).

CAVALCANTI MATA, M.E.R.M; DUARTE, M.E.M. FIGUEIREDO, R.M.F. **Obtenção de frutos em pó** Universidade Federal de Campina Grande, 2003.

CANO-CHAUCA, M. M., **Introdução de cristalização de açúcares de frutos tropicais em pó obtidos por spray drying e sua caracterização funcional**. Tese de Doutorado em Ciências dos Alimentos UFLA Lavras- MG, 2004

CANOVAS, G. V. B.; MERCADO, H. V. Dehidratación de alimentos. **Zaragoza: ACRIBA, S.A.**, 2005.

---

CARVALHO, F. Substancia extraída do cajueiro é eficaz no tratamento da hipertensão . Olhar vital, Rio de Janeiro, edição, 75, 12 de abril de 2007. Seção Ciência e Vida. Disponível em < [http:// www.olharvital.urfrj.br](http://www.olharvital.urfrj.br) > . Acesso em 07/08/ 2010.

CHURMS, S. C., STEPHEN, A.M e STEYN, C.B.; **Phytochemistry** **25**, 2807, 1986).

De PAULA, R.C.M.; & RODRIGUES, J.F. **Carbohydrate Polymers**, 1995, 26, 177.

HILL, G. Davidson., Handbook of water soluble gums and resins. **Ed. R.L.** New York, 1980.

DARLING, D. F.; BIRKETT, R. J. Food colloids in practice. In. **Food Emulsions and Foams**. E. Dickinson, ed. R. Soc. Chem., London, United Kingdom, 1986.

DEFAYE, J.; WONG, E. Structural studies of gum arabic, the exudate polysaccharide Journal of Food Engineering from *Acacia Senegal*. **Carbohydr. Res.**, Amsterdam, v. 150, p. 221-231, 1986.

DELGOBO, C. L.; GORIN, P. A. J.; TISCHER, C. A., IACOMINI, M. The free reducing oligosaccharides of angico branco (*Anadenanthera colubrine*) gum exsudato: an aid for structural assignments in the heteropolysaccharide. **Carbohydr. Res.**, Amsterdam, v. 320, p. 167-175, 1999.

DELGOBO, C. L.; GORIN, P. A. J.; JONES, C.; IACOMINI, M. Gum heteropolysaccharide and free reducing monosaccharides and oligosaccharides of *Anadenanthera colubrina*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 47, p. 1-8, 1998.

DICKINSON, E. Hydrocolloids at interfaces and the influence on the properties of dispersed systems. **Food Hydrocolloids**, v. 17, n.1, 2003, p.25-39.

ELMANAN, M.; AL-ASSAF, S.; PHILLIPS, G.O.; WILLIAMS, P.A. Studies on Acacia exudate gums: Part VI. Interfacial rheology of *Acacia Senegal* and *Acacia seyal*. **Food Hydrocolloids**, Oxford, in press, 2007.

DOYMAZ, I.; PALA, M. The thin-layer characteristics of corn. **Journal of Food Engineering** 60, p. 125-130, 2007.

FASINA, O. O.; TYLER, B; PICKARD, M. Infrared heating of legume seeds effect on physical and mechanical properties. ASEE **Paper N° 9276013**, 1997.

FASINA, O. O.; TYLER, B; PICKARD, M.; ZHENG, G.; WANG, N. “ Effect of Infrared Heating on the properties of Legume seeds”. **Int. J. Food Sci. Tech.**; 36, p. 79, 90, 2001.

FITTO, P.; ANDRES, A.; CHIRALT, A.; PARDO, A.; Coupling of hydrodynamic mechanism and deformation-relation phenomena during vacuum treatments in solid porous food-liquid systems., *Kidlington*, v.21, p.229-240, 1996.

FRANCO, B. D. G.M.; LANDGRAF, M. Microbiologia dos alimentos. São Paulo: **Atheneu**, 2005. 182p.

FELLOWS, P. J. **Food processing technology**: principles and practice. 2. Ed. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2000. 575 p.

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

INSTITUTO ADOLFO LUTZ.: Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físicos e químicos para a análise de alimentos. 3. ed. **São Paulo**, 2005. v.1, 371 p.

IBARZ, A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Operaciones unitarias de la ingeniería de alimentos. **Lancaster: Technomic Publishing**. 1999. 882p.).

JONH WILEY & SONS, **Encyclopedia of Polymer Science and Engineering**, 7, 589, , 1987.

FABIO, J.F. DI; DUTTON, G.G.S.; MOYNA, P. The structure of *Chorisia speciosa* gum. **Carbohydr. Res.**, Amsterdam, v.99, p.41-50, 1982

JONES, J. K. N; SMITH, F. Plant gums and mucilgES. In: PIGMAN, W. W.; WOLFROM, M. L. (eds.). **Adv. Carbohydr. Chem.**, New York: Academic Press, v.4, p.243-251, 1949.  
JONH WILEY & SONS. **Encyclopedia of Chemical Tecnology** v. 12, 1980.

JONH WILEY & SONS. **Encyclopedia of Polymer Science and Engineering**, v. 7, p. 589, 1987.

GABAS, A. L. **Secagem de uva Itália em leito fixo**. Campinas: Faculdade de Engenharia de Alimentos, 1995. 135p. (Dissertação Mestrado).

GASPARETO, O. C. P. **Secagem osmo-convectiva de banana nanica (*Musa Cavendishii*, L.), mamão formoso (*Carica Papaya*, L.) e jaca (*Artocarpus Integrifolia*, L.)**. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Centro de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Programa de Pós –graduação em Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal- RN, 2005.

GAVA, A. J. Princípios da Tecnologia de Alimentos. 2ª. Ed. São Paulo. Editora **Nobel**. p.284, 2002.

GINZBURG, A. S. Application of infrared radiation in food processing. **Chemical and process engeneering series**. London: Leonard Hill, 1969.

GINZBURG, G. Girassol promete boa rentabilidade na próxima safra. **Campo & Negócios**, Uberlandia, n32, p. 17, out. 2005.

GUZEY, D.; McCLEMENTS, D. J. Formation, stability and properties of multilayer emulsions for application in the food industry. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 128, p. 227 -248, 2006.

---

KENNEDY, J. F & WHITE, C. A, EM **Carbohydrate Chemistry**, ed. J. F Kennedy, Clarendon Press Oxford, New York,1988, cap.1 e 2.

LAPASIN, R.; PRICL, S. Rheology of polysaccharides systems. In: LAPASIN, R.; PRICL, S. (eds.). **Rheology of polysaccharides: Theory and applications**. London: **Black Academic & Professional**, 1995, p. 251-293.

LIMA, A. C.; SANTOS, R. A.; ALMEIDA, F. A. G.; BANDEIRA, C. T. Estimulantes químicos na extração da goma do cajueiro (*Anacardium occidentale,L.*). **Ciências Rural**, Santa Maria, v.31, n. 3, 2001.

LOBO, L; SVEREIKKA, A. Coalescence during emulsification 2. Role of small molecule surfactants. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 261, p. 498-507, 2003.

LOBO, L. Role of surfactants in emulsification: Coalescence vs. rupture. **Abs Papers American Chemical Society**, 219,p. 562, 2000.

McCLEMENTS, D. J. Food emulsions; principles, practice, and techniques. **Ed. Boca Raton, FL: CRC Press**, 2005.

MACHADO, A. V.; ARAUJO, F. M.M. C. Avaliação bioquímica do pedúnculo de caju (*Anacardium occidentale. L.*) **Congresso Brasileiro de Ciências e Tecnologia de Alimentos (CBCTA)**, Belo Horizonte – MG, v.3,p. 88-92, 2008.

MARKS, D. L.; BUCHS BAUM, R E SWAIN. T.; **Analytical Biochem**, 147, 136,1985.

MARQUES, M. R. **Estudo do Conteúdo Protéico e das Atividades Antimicrobiana e Inseticida da goma do Cajueiro**. Ceará, UFC – Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular,1990 (Dissertação de Mestrado).

MARTIN, S. **Galactoxiloglucana de sementes de *Hymenacea courbaril*: Estrutura e propriedades**. Tese (Doutorado em Ciências – Bioquímica) - Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

MARQUES, M. R., XAVIER FILHO, J. Enzymatic and inhibitory activities of cashew tree gum exudate. **Phytochemistry**, Oxford, v. 30, p. 1431 -1433, 1991.

MAURER-MENESTRINA, J.; SASSAKI, G. L.; SIMAS, F. F.; GORIN, P. A. J.; IACOMINI, M. Structure of a highly substituted  $\beta$ - xylan from the gum exudates of the palm *Livistona chinensis* ( Chinese fan). **Crabohydr. Res.**, Amsterdam,v. 53, p. 625 -663. 1843-1850, 2003.

MEER, W., em Handbook of water Soluble gums and resins, **Ed. R.I. Davidson**, Mc. Graw Hill, New York, p. 81, 1980.

---

MENESTRINA, J. M.; IACOMINI, M.; JONES, C.; GORIN, P. A. J. Similarity of monosaccharide, oligosaccharide and polysaccharide structures in gum exudate of *Anacardium occidentale*. **Phytochemistry**, Oxford, v. 47, p. 715 – 721, 1998.

MOORHOUSE, R. Structure/ properties relationships of a family of microbial polysaccharides. In: YALPANI, M. (ed.). *Industrial polysaccharides: genetic engineering, structure / properties relations and applications*. Amsterdam, **Elsevier**, 1987. p. 187-206.

MORETÃO, M. P.; BUCHI, D. F.; GORIN, P. A. J.; IACOMINI, M.; OLIVEIRA, M.B.M. Effect of an acidic heteropolysaccharide (ARAGAL) from the gum of *Anadenanthera colubrina* (Angico branco) on peritoneal macrophage functions. **Immunology Letters**, Amsterdam, v. 89, p. 175-185, 2003.

MORETÃO, M. P.; ZAMPRONIO, A.R.; GORIN, P. A. J.; IACOMINI, M.; OLIVEIRA, M.B.M. Induction of secretory and tumoricidal activities in peritoneal macrophages activated by an acidic heteropolysaccharide (ARAGAL) from the gum of *Anadenanthera colubrina* (Angico branco). **Immunology Letters**, Amsterdam, v. 93, p. 189-197, 2004.

MOTHÉ, C.G.; RAO, M.A. Rheological behavior of aqueous dispersions of cashew gum and gum Arabic: effect of concentration and blending. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v.13, p.501-506, 1999.

MUJUMDAR, A.S. *Handbook of industrial drying* ( second ed. ) New York: **Marcel Dekker**, 1995.

MUJUMDAR, A.S. “ Innovation and globalization in drying R & D”. In: 15<sup>th</sup> *International Drying Symposium ( IDS 2006)*, **Budapest, Hungary, Gödöllo: Szent István**, Vol. A, p.3-17.  
NUSSINOVITCH, A. *Hydrocolloids applications: Gum technology in the food and other industries*. London: **Blackie Academic and professional**, 1997, p. 156-158.

PAULA, R.C.M. de; RODRIGUES, J.F. Composition and rheological properties of cashew tree gum, the exudate polysaccharide from *Anacardium occidentale* L. **Carbohydrate Polymers**, Amsterdam, v. 26, p.177-181, 1995.

HILL, G. Davidson., *Handbook of water soluble gums and resins*. Ed. **R.L.** New York, 1980.

PARRY, J. L. Mathematical modeling and computer simulation of heat and mass transfer in agricultural grain drying: A review. **Journal of agricultural Engineering**. Researches. V. 32, p. 1-29, 1985.

PAULA, H. C. B.; GOMES, F. J. S.; PAULA, R. C. M. Swelling studies of chitosan/ cashew gum physical gels. **Carbohydrate Polymers**, v. 48, n. 3, p. 313-318, 2002.

PEREIRA- NETTO, A. B.; PETTOLINO, F.; CRUZ – SILVA, C. T. A.; SIMAS, F. F.; BACIC, A. .; CARNEIRO –LEÃO, A.M. DOS A.; IACOMINI, M.; MAURER, J. B. B. cashew- nut tree exudate gum: identification of an arabinogalactan – protein as a

---

constituent of the gum and use on the stimulation of somatic embryogenesis. **Plant Science**, Amsterdam, v. 173, p. 468-477, 2007.

PINEDO, A. A. Secagem a vácuo de cenoura (*Daucus carota*) e abobora (*Curbita máxima*): Estudo das características do processo. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Departamento de Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas – SP, p. 173, 2003.

OETTERE, M.; REGINATO-D'ARCE, M.A.B.; SPOTO, M. H.F. Fundamentos de ciências e tecnologia de alimentos. **Ed São Paulo**, Manole, 2006.612p.

ORDÓÑEZ, J. A. P. *et al.* **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos**. V. 1, Porto Alegre: **Artmed**, 2005.294p.

RATTI, C. MUJUMDAR, A. S. “ Infrared Drying”, In: A.S. Mujumdar ( VOI. Eds.), **Handbook of Industrial Drying**, Vol. 1, p. 567 -588, Marcell Dekker, Inc., New York, 1995.

RODRIGUES, J. F. PAULA, R. C. M.; COSTA, S. M. O. Métodos de isolamento de gomas naturais: comparação através da goma do cajueiro ( *Anacardium occidentale* L.). **Polímeros: Ciências e Tecnologia**, São Carlos, ano III, n. 1, p. 31-36, 1993.

ROSENTHAL, F. R. T.; **Revista Química Industrial**, 24, 17, 1955.

ROSENTHAL, F. R. T.; **Goma do Cajueiro**: estudo químico e tecnológico. Rio de Janeiro: Ministério do Trabalho, Industria e Comercio, Instituto Nacional de Tecnologia, 1951. 35p.

SANCHEZ, C.; RENARD, D.; ROBERT, P.; SCHMITT, C.; LEFEBVRE, J. Structure and rheological properties of acacia gum dispersions. **Food Hydrocolloids**, Oxford, v. 16, p.257-267, 2002.

SALAGNAC, P.; GLOUANNEC, P. and LECHARPENTIER, D. Numerical modeling of heat and transfer in porous medium during combined hot air, infrared and microwave heating. *Internacional*. **Journal of heat and mass transfer**, 47, p. 4479 -4489, 2004.

SCHRAMM, G. **Reologia e Reometria: Fundamentos teóricos e práticos**. 2. Ed. São Paulo: **Artliber Editora** Ltda., 2006.

SILVA, J. S. Secagem e armazenagem de produtos Agrícolas. **Viçosa: aprenda Facil**, v. 3, 2005.

SIMAS, F. F.; GORIN, P. A. J.; GUERRINI, M.; NAGGI, A.; SASSAKI, G. L.; DELGOBO, C. L.; IACOMINI, M. Structure ao a heteroxyylan of gum exudate of the palm *Scheelea phalerata* ( uricuri). **Phytochemistry**, Oxford, v. 65, p. 2347-2355, 2004.

SIMAS, F.F.; MAURER-MEENSTRINA, J.; REIS, R.A.; SASSAKI, G. L.; IACOMINI, M.; GORIN, P.A.J. Structure of the fucose-containing acidic heteroxyylan from the gum exudate

---

of *Syagrus romanzoffiana* (Queen palm). **Carbohydr.Polymers**, Amsterdam, v. 63, p. 30-39, 2006.

SMITH, F. The constitution of Arabic acid. Part II. Degraded arabic acid. **J. Chem. Soc.**, London, p. 1724-1738, 1939.

SMITH, F.; MONTGOMERY, R. **The chemistry of plant gums and mucilages**. New York: Reinhold Publishing Corporation, p. 1-13, 1959.

STORDDART, J. F., JONES, J. K. N. Some structural features of *Citrus limonia* gum ( lemon gum). **Carbohydr. Res.**, Amsterdam,v.8,p.29-42,1968.

SHITTU, T. A.; LAWAL, M. O. Factors affecting instant properties of powdered cocoa beverages. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 91-98, 2007.

STEPHEN, A. M. Other plant polysaccharides. In: ASPINALL, G. O. (ed.). **The Polysaccharides**. New York: Academic Press, 1983. v. 2, p. 97 – 180.

STRUMILLO, C.; KUDRA, T. **Drying: principles, applications and design**. Montreaux: Gordon and Breach Science Publishers, p. 448, 2006.

TAO,F.; BIAO,G.Z.; YU,J.Z.; NING,Z.H. Isolation and characterization of an acidic polysaccharide from *Mesona blumes* gum. **Carbohydr.Polymers**, Amsterdam,v.71,p.159-169,2008.

TISCHER, C. A.; GORIN, P. A. J.; IACOMINI,M. The free reducing oligosaccharides of gum arabic: aids for structural assignments in the polysaccharide . **Carbohydr. Polymers**, Amsterdam, v. 47, p. 151 -158, 2002.

TIOMNO, F. R.; **Rev. Quim. Industrial**, **15**, 23, 1946.

TONELI,J.C. de L.; MURR,F.E.X.; PARK,K.J. Estudo da reologia de polissacarídeos utilizados na indústria de alimentos. **Rev. Bras. Prod. Agroind.**, v. 7, p. 181-204, 2005.

TROLLER, J. A. **Influence of water activity on microorganisms in foods**. Food Technology, v. 44, n. 5, p. 76-82, 1980.

TORQUATO, D. S.; FERREIRA, M. L.; SÁ, G. C.; BRITO, E. S.; PINTO, G. A. S.; AZEVEDO, E. H. F. Evaluation of antimicrobial activity of cashew gum. **World Journal of Microbiology & Biotechnology**, v. 20, 2004,p.348-351.

VALGAS, L. **Influência de variáveis de processamento sobre as propriedades elétricas de varistores atomizados via spray dryer**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2007.

---

VAN AKEN, G. A.; BLIJDENSTEIN, T. B. J.; HOTRUM, N. E. Colloidal destabilization mechanisms in protein-stabilised emulsions. **Current opinion in colloid & Interface Science**, v.8, 2003, p. 371-379.

ZAKARIA, M. B.; RAHMAN, Z. A. Rheological properties of cashew gum. **Carbohydrate Polymers**, v. 29, n.1, p. 25-25, 1996.

WAGNER, R.; WORANOVICZ-BARREIRA, S.M.; IACOMINI, M.; DELGOBO, C. L.; PIMENTEL, N. M.; GORIN, P. A. J. Structure of the glycolglucuronomannan from *Vochysia lehmanii* (Quaruba). **Carbohydr. Polymers**, Amsterdam, v. 57, p. 269-275, 2004.

WAGNER, R.; SIMAS, F.F.; PEREIRA, G.C.Z.; ANGELI, A.; BRITO, J.O.; WORANOVICZ-BARREIRA, S.M.; DELGOBO, C. L.; SASSAKI, G.L.; IACOMINI, M.; GORIN, P. A. J. Structure of the glycolglucuronomannan from gum exsudaten of *Vochysia tucanorum* ( familia Vochysiaceae). **Carbohydr. Polymers**, Amsterdam, v. 69, p. 512-521, 2007a.

WAGNER, R.; SIMAS, F.F.; SASSAKI, G.L.; IACOMINI, M.; SILVA, M.A.DA.; GORIN, P. A. J. A high-viscosity glycolglucuronomannan from gum exsudaten of *Vochysia thyrsoidea*: Comparison with those of other *Vochysia* spp . **Carbohydr. Polymers**, Amsterdam, in press, 2001b.

WHISTLER, R.L. Factors influencing gum costs and applications. In: WHISTLER, R.L.; BEMILLER, J.N. (eds). *Industrial gums: polysaccharides and their derivatives*. 2<sup>nd</sup> ed. **New York: Academic Press**, 1973 . p.5-18.

WHISTLER, R.L. Introduction to industrial gums. In: WHISTLER, R.L.; BEMILLER, J.N. (eds). *Industrial gums: polysaccharides and their derivatives*. 3<sup>rd</sup> ed. **London: Academic Press**, 1993 . p.1-20.

WHISTLER, R.L. Introduction to industrial gums. In: WHISTLER, R.L.; BEMILLER, J.N. (eds). *Industrial gums: polysaccharides and their derivatives*. 3<sup>th</sup> ed. **London: Academic Press**, 1993 . p.1-20., p. 505-507, 2004.

---