



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS**



**QUALIDADE DA POLPA DE LICHIA EM PÓ, OBTIDA PELO PROCESSO DE
LIOFILIZAÇÃO**

MARCO TULLIO LIMA DUARTE

**CAMPINA GRANDE - PARAÍBA
FEVEREIRO – 2018**

QUALIDADE DA POLPA DE LICHIA EM PÓ, OBTIDA PELO PROCESSO DE LIOFILIZAÇÃO

MARCO TULLIO LIMA DUARTE

Tese de Doutorado, apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Processos.

Orientadoras:

Dra. Josivanda Palmeira Gomes (Orientadora)

Dra. Ana Paula Trindade Rocha (Orientadora)

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA
FEVEREIRO – 2018**

D812q Duarte, Marco Tullio Lima.
Qualidade da polpa de lichia em pó, obtida pelo processo de
liofilização / Marco Tullio Lima Duarte. – Campina Grande, 2018.
120 f.: il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal
de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2018.
"Orientação: Prof. Dra. Josivanda Palmeira Gomes, Profa. Dra. Ana
Paula Trindade Rocha".
Referências.

1. *Litchi chinensis* - Lichia. 2. Reologia. 3. Armazenamento. 4.
Bebida Láctea. I. Gomes, Josivanda Palmeira. II. Rocha, Ana Paula
Trindade. III. Título.

CDU582.746.46 (043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO BIBLIOTECÁRIA ITAPUANA SOARES DIAS CRB = 15/93



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

MARCO TÚLLIO LIMA DUARTE

QUALIDADE DA POLPA DE LICHIA EM PÓ, OBTIDA PELO PROCESSO DE
LIOFILIZAÇÃO

BANCA EXAMINADORA

PARECER

Dr^a. Josivanda Palmeira Gomes
Orientadora – UAEA/UFCEG

Dr^a. Ana Paula Trindade Rocha
Orientadora – UAEA/UFCEG

Dr. Edmilson Dantas Silva Filho
Examinador – IFPB

Dr^a. Hofsky Vieira Alexandre
Examinador – UFCEG

Dr. Dalmo Marcello Brito Primo
Examinador – UFCEG

Dr^a. Renata Duarte Almeida
Examinadora – UAEA/UFCEG

FEVEREIRO DE 2018.

*O Senhor é a minha força e o meu escudo;
Nele o meu coração confia, e Dele recebo ajuda.
Meu coração exulta de alegria,
e com o meu cântico Lhe darei graças*

Salmos 28:7

*Aos meus pais, minha esposa e filhos,
Todo o amor desse mundo!*

AGRADECIMENTOS

A Deus, porque Dele vem a força que me guia e me protege.

Aos meus pais, que seguramente estão tão felizes quanto eu por esse momento.

A minha esposa, companheira, amiga e compreensiva nas minhas ausências e incentivadora das minhas lutas e vitórias.

Aos meus filhos amados. Papai respira por vocês... papai espera que um dia possa ter a graça de Deus em vê-los num momento de alegria como esse.

As minhas irmãs, sobrinhos, cunhados, sogros, primos, tios e amigos. Cada um, de um modo especial, me ajudou para essa conquista se tornar real.

As minhas orientadoras, Josivanda e Ana Paula, por acreditarem em mim, por toda confiança, amizade e troca de experiências. Serei eternamente grato!

Ao Programa de Pós Graduação em Engenharia de Processos, pela oportunidade de permitir-me realizar mais esse sonho.

Aos professores Alexandre, Rossana, Francisco de Assis, Deyze, Severina e demais professores do Departamento de Engenharia Agrícola e de Alimentos, sempre solícitos nos meus experimentos.

Aos queridos amigos Edmilson e Dyego, por suas valorosas contribuições. Sem vocês, amigos, esse sonho não seria possível. Toda a gratidão e reconhecimento!

SUMARIO

	Pág.
LISTA DE FIGURAS	X
LISTA DE TABELAS	XI
RESUMO	XIII
ABSTRACT	XIV
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	2
1.1.1. Objetivo geral	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1 Aspectos botânicos	4
2.2 <i>Lichi chinensis</i>	5
2.3 Reologia	7
2.4 Secagem	8
2.5 Liofilização	9
2.5.1 Congelamento	10
2.5.2 Sublimação	10
2.5.3 Dessorção	11
2.6 Espectrometria por raios x	11
2.7 Maltodextrina	11
2.8 Armazenamento	13
2.9 Bebidas lácteas fermentadas	13
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Obtenção dos frutos e preparo das polpas pré congelamento	17
3.2 Caracterização física, química e físico-química da polpa de lichia	18
3.2.1 umidade e sólidos totais	18
3.2.2 Sólidos solúveis totais	18
3.2.3 pH	18
3.2.4 Acidez total titulável	18
3.2.5 Ratio SST/ATT	18
3.2.6 Lipídeos	18
3.2.7 Proteínas	19
3.2.8 Resíduo mineral fixo	19
3.2.9 Cálcio	19

3.2.10 Ferro e Fósforo	19
3.2.11 Sódio	19
3.2.12 Carboidratos totais	19
3.2.13 Valor calórico	20
3.2.14 Ácido ascórbico	20
3.2.15 Cor	20
3.2.16 Atividade de água (aw)	20
3.3 Formulação das polpas de lichia para liofilização	21
3.3.1 caracterização física, química e físico-química das polpas formuladas	21
3.4 Reologia da polpa integral e das formulações	21
3.5 Secagem por liofilização	23
3.5.1 Caracterização física, química e físico-química do pó de lichia	23
3.5.1.1 Açúcares redutores em glicose	23
3.5.1.2 Açúcares totais em glicose	24
3.5.1.3 Açúcares não redutores em sacarose	24
3.5.1.4 Composição mineral	24
3.5.1.5 Molhabilidade	24
3.5.1.6 Solubilidade e insolúveis	24
3.5.1.7 Higroscopicidade	25
3.5.1.8 Densidade aparente	25
3.5.1.9 Densidade compactada	25
3.5.1.10 Densidade real	26
3.5.1.11 Fator de Haunser e índice de compressibilidade	26
3.6. Isotermas de adsorção	27
3.6.1 Modelos matemáticos	27
3.7 Análise micro-morfológica do pó.	28
3.8 Armazenamento	29
3.9 Processamento da bebida láctea fermentada.	29
3.9.1 Avaliação físico-química da bebida fermentada	30
3.10 Caracterização reológica da bebida fermentada	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Caracterização física, química e físico-química da polpa da lichia	32
4.2 Caracterização física, química e físico-química da polpa da lichia formulada	37
4.3 Reologia da polpa de lichia e das formulações adicionadas de maltodextrina	44
4.4 Caracterização física, química e físico-química da polpa da lichia em pó.	48
4.5 Isotermas de adsorção do pó de lichia liofilizada, adicionada de 25% de maltodextrina	64

4.6 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	70
4.7 Armazenamento da polpa de lichia liofilizada	72
4.8 Caracterização físico-química da bebida láctea probiótica	86
4.9 Caracterização reológica da bebida láctea a base de lichia.	97
4.9.1 Comportamento da viscosidade aparente	97
4.9.2 Aplicação dos modelos reológicos	99
5. CONCLUSÕES	102
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	104

LISTA DE FIGURAS

	Pag.
Figura 2.1- Planta de lichia	4
Figura 2.2 <i>Lichi chinensis</i>	5
Figura 3.1 Fluxograma do processamento da polpa de lichia.	17
Figura 3.2 Fluxograma de processamento da bebida fermentada	30
Figura 4.1. Tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação da polpa de lichia integral e adicionada de 15, 20 e 25% de maltodextrina 20 DE, com ajuste do modelo de Mizrahi-Berk.	48
Figura 4.2- Isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 30 e 40°C da polpa de lichia em pó formulada com 25% de maltodextrina, com ajustes do modelo de GAB.	68
Figura 4.3 - Isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 30 e 40°C da polpa de lichia em pó formulada com 25% de maltodextrina, com ajustes do modelo de Henderson.	69
Figura 4.4- Isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 30 e 40°C da polpa de lichia em pó formulada com 25% de maltodextrina, com ajustes do modelo de Oswin.	69
Figura 4.5- Fotomicrografias da polpa da lichia em pó, desidratada por liofilização com a adição de 25% de maltodextrina 20 DE, obtida por microscopia eletrônica de varredura, com aumento de 100X(A), 500X(B), 1000X(C) e 5000X(D).	70
Figura 4.6. Tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação da bebida láctea natural e adicionada de pó liofilizado de lichia, nas diferentes concentrações, com ajuste do modelo de Mizrahi- Berk.	101

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 2.1. Composição centesimal da polpa fresca de Lichia (valores em g/100g)	5
Tabela 2.2. Sólidos solúveis, acidez titulável e pH, com base na matéria seca em estufa a 45°C, das frações de lichia in natura	6
Tabela 3.1. Modelos matemáticos ajustados às isotermas de adsorção de umidade das amostras da lichia em pó	28
Tabela 4.1. Resultados médios da caracterização física, química e físico-química da polpa da lichia	32
Tabela 4.2. Valores médios dos parâmetros da caracterização química, física e físico-química das polpas de lichia com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE.	38
Tabela 4.3. Viscosidade aparente (mPas) da lichia integral em função da velocidade de rotação (rpm) e diferentes concentrações de maltodextrina	45
Tabela 4.4. Parâmetros, coeficiente de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas da polpa de lichia integral e adicionada de maltodextrina em diferentes concentrações de maltodextrina, submetida à temperatura de 25°C	46
Tabela 4.5. Valores médios dos parâmetros da caracterização química, física e físico-química dos pós de lichia liofilizados, com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE.	50
Tabela 4.6 - Parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Henderson e Oswin, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 30 e 40°C da polpa de lichia em pó formulada com 25% de maltodextrina	64
Tabela 4.7.1. Valores médios da umidade (%) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	73
Tabela 4.7.2. Valores médios dos sólidos totais (%) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	74
Tabela 4.7.3. Valores médios da atividade de água (a_w) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina - 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	75
Tabela 4.7.4. Valores médios dos sólidos solúveis totais (SST) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	76

Tabela 4.7.5. Valores médios do pH da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	77
Tabela 4.7.6. Valores médios da acidez total titulável (ATT) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	78
Tabela 4.7.7. Valores médios do ratio (SST/ATT) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	79
Tabela 4.7.8. Valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/100 g) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina - 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	80
Tabela 4.7.9. Valores médios da luminosidade (L^*) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	81
Tabela 4.7.10. Valores médios da intensidade do vermelho (a^*) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina - 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	82
Tabela 4.7.11. Valores médios da intensidade do amarelo (b^*) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina - 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	84
Tabela 4.7.12. Valores médios do croma (C^*) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	85
Tabela 4.7.13. Valores médios do ângulo de tonalidade (h^*) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas	86
Tabela 4.8. Parâmetros físicos, químicos e físico-químicos da bebida láctea fermentada integral e adicionada de pó de lichia, para as três diferentes concentrações	88
Tabela 4.9.1 – Viscosidade aparente (mPa.s) da bebida láctea integral e adicionada de diferentes concentrações de lichia em pó, em função da velocidade de rotação (RPM)	98
Tabela 4.9.2. Parâmetros, coeficiente de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas das bebidas lácteas integral e adicionadas do pó de lichia em diferentes proporções, referente à temperatura de 5°C	99

RESUMO

A lichia (*Litchi chinensis*) é um fruto nativo da Ásia, sendo considerada a rainha das frutas. No Brasil, sua introdução se deu como planta ornamental e somente a partir da década de 70, teve seu consumo ampliado. Devido ao seu elevado valor comercial, curto período de safra e alta perecibilidade, uma das estratégias de ampliação da sua oferta é a sua desidratação e posterior uso do pó em bebidas lácteas probióticas. Dessa forma, objetivou-se no presente estudo a produção de lichia em pó através da liofilização, avaliando a estabilidade do pó durante o armazenamento e a elaboração de uma bebida láctea probiótica. Foram elaboradas três formulações de maltodextrina, nas concentrações de 15, 20 e 25%. Essas formulações foram previamente caracterizadas, juntamente com a polpa integral, foram avaliados seus comportamentos reológicos e em seguida, liofilizadas na temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 48 h. Após a caracterização dos pós, a melhor amostra foi submetida a análises de isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 30 e $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, analisada em microscopia eletrônica de varredura e armazenada em embalagens laminadas por 60 dias, nas temperaturas de 20, 30 e $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, quando foram monitoradas a cada 10 dias suas características, físicas, químicas e físico-químicas. Adicionalmente, foram processadas bebidas lácteas fermentadas isentas de pó de lichia e nas concentrações de 7, 9 e 11% do pó, que foram caracterizadas quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos. Os resultados obtidos revelaram que as polpas formuladas e desidratadas sofreram alterações quanto aos parâmetros avaliados em todas as amostras, em função da concentração da maltodextrina. A polpa integral e as diferentes formulações exibiram comportamento reológico típico de polpas de frutas, classificando-se como fluido não-newtoniano, de caráter pseudoplástico, cujo melhor ajuste matemático foi com o modelo de Mizrahi-Berk. O processo de liofilização refletiu em alterações dos parâmetros analisados, tendo o pó adicionado de 25% de maltodextrina exibido as melhores características dentre amostras avaliadas. A análise das isotermas de adsorção de água foram determinadas como tipo III e o melhor modelo matemático para descrição dos dados experimentais foi o de GAB, por exibir maiores valores de R^2 e menores índices de erros médios relativos. Quanto à análise da microscopia eletrônica, foi constatado que o pó da lichia exibiu estruturas amorfas e aglomerado de partículas, com rugosidades acentuadas e grande porosidade. Durante o período de armazenamento, a maioria dos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos foram alterados, principalmente em função da temperatura de exposição e as bebidas lácteas probióticas demonstraram diferenças significativas em função da elevação da concentração do pó de lichia adicionado como saborizante.

Palavras-chave: *Litchi chinensis*, reologia, armazenamento, bebida láctea.

ABSTRACT

The lychee (*Litchi chinensis*) is a fruit native to Asia, being considered the queen of the fruit. In Brazil, its introduction was given as an ornamental plant and only from the decade of 70, had its consumption expanded. Due to its high commercial value, short harvest period and high perishability, one of the strategies to expand their offer is your dehydration and subsequent use of powder in probiotic dairy drinks. Thus, the objective of the present study verified the production of lychee powder by lyophilization, evaluating the stability of powder during storage and prepares a probiotic milk drink. In this way, were drawn up three formulations, added maltodextrin, at concentrations of 15, 20 and 25%. These formulations were previously characterized, along with the integral pulp, evaluated their rheological behavior and then freeze at a temperature of -40 °C for 48 h. The powders obtained were subsequently characterized and the best sample, subjected to analyzes of adsorption isotherms of water at temperatures of 30 and 40 °C, analyzed in scanning electron microscopy and stored in laminated packaging by 60 days at temperatures of 20, 30 and 40 °C, when were monitored every 10 days, its characteristics, physical, chemical and physico-chemical properties. In addition, were processed fermented dairy drinks free of powder of lychee and at concentrations of 7, 9 and 11% of powder, which were characterized according to the physical, chemical and physico-chemical properties. The results obtained showed that the dehydrated pulps formulated and suffered changes regarding the parameters evaluated in all samples, depending on the concentration of maltodextrin. The integral pulp and the different formulations exhibited rheological behavior typical of fruit pulps, classifying it as non-Newtonian fluid, pseudoplastic character, whose best fit was with the mathematical model of Mizrahi-Berk. The lyophilization process reflected in changes of the parameters analyzed, taking the powder added to 25% maltodextrin displayed the best characteristics among samples. The analysis of adsorption isotherms of water were determined as type III and the best mathematical model for description of the experimental data was the GAB, to display larger values of R² and lower rates of errors average. Regarding the analysis of electronic microscopy, it was noticed that the powder of the lychee exhibited amorphous structures and particleboard, with pronounced roughness and high porosity. During the storage period, most of the physical, chemical and physico-chemical parameters were altered, mainly in function of the temperature of exposure and the probiotic dairy drinks have demonstrated significant differences depending on the elevation of the concentration of powder of lychee added as flavor.

Keywords: *Litchi chinensis*, rheology, storage, Milky beverage

1. INTRODUÇÃO

Exibindo uma produção anual que supera os 40,9 milhões de toneladas de frutos colhidos em aproximadamente 2,58 milhões de ha, o Brasil destaca-se no cenário internacional com a oferta de frutos tropicais e de clima temperado durante boa parte do ano. Tal projeção decorre da sua posição geográfica e vasta extensão territorial, favorecendo as condições climáticas e edafológicas. Como consequência, nosso país gera cerca de 6 milhões de empregos diretos na fruticultura (CARVALHO et al., 2017a).

Concomitantemente, o número de pessoas preocupadas com a importância da dieta na manutenção da saúde e na prevenção de patologias vem se intensificando, o que tem expandido o consumo de frutos tropicais exóticos, seja por finalidade nutricional ou terapêutica e se consolidando como promotores da qualidade de vida (MENCARELLI et al., 2010).

No Brasil, a introdução de licheiras ocorreu na forma de planta ornamental, no Jardim Botânico do Estado do Rio de Janeiro, no início do século XIX. Contudo, apenas na década de 1970 é que o seu potencial para a fruticultura passou a ser explorado nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná, onde se adaptaram perfeitamente às condições de solo e clima, permitindo colheitas que se estendem entre outubro e fevereiro (MARTINS, 2005).

Considerada a rainha das frutas e tendo o status de fruta-símbolo da China, a polpa da lichia possui alto teor de glicídios e minerais como potássio, magnésio e fósforo, além de vitaminas do complexo B. A Índia é o maior produtor mundial, com uma safra de aproximadamente 500 mil toneladas em uma área de cultivo de 62000 ha (PANDEY et al., 2013). No Brasil, devido a sua pouca divulgação, geralmente é consumida in natura, mas no continente asiático pode ser consumida enlatada, desidratada ou processada em sucos, vinhos, pickles, compotas, sorvetes e iogurtes (WALL, 2006).

Visando aumentar a disponibilidade de frutos durante a entressafra ou incrementando a oferta de novos produtos para o mercado consumidor, através da produção de derivados, a secagem de frutos surge como uma das mais vantajosas técnicas, seja agregando valor nutricional, como alimentos funcionais para o consumidor ou agregando valor monetário para o produtor. A secagem permite a

diminuição da atividade da água, o que minimiza reações químicas durante a etapa de armazenamento e diminui as perdas pós-colheitas (MARQUES, 2008).

A liofilização figura como um processo que oferece maior qualidade aos produtos, pois como o fruto é seco em baixas temperaturas, ocorre sublimação sem que ocorram perdas proteicas ou enzimáticas por desnaturação. Ademais, propriedades como flavor podem ser mantidas ou até mesmo potencializadas quando comparados a métodos convencionais (KROKIDA & PHILIPPOULOUS, 2006).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Desidratar a polpa de lichia utilizando o processo de liofilização, avaliando a estabilidade do produto seco, bem como sua aplicabilidade para desenvolvimento de bebida láctea prebiótica.

1.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar física, química e físico-quimicamente a polpa da lichia integrable formulada, adicionada de maltodextrina 20 DE, nas concentrações de 15, 20 e 25%;
- Analisar o comportamento reológico da polpa integral e formulada na temperatura de 25°C, ajustando-se aos modelos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Casson.
- Liofilizar as formulações na temperatura de -40°C e pressão de $1,3 \times 10^{-1}$ mbar por 48 h e caracterizar os pós resultantes quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos;
- Determinar as isotermas de adsorção de umidade da melhor amostra da polpa de lichia em pó, nas temperaturas de 30 e 40°C e aplicar os modelos matemáticos de GAB, Henderson e Oswin.
- Avaliar a distribuição granulométrica e morfológica em microscopia eletrônica de varredura da melhor amostra da polpa de lichia em pó;

- Avaliar a estabilidade da melhor amostra do pó, acondicionado em embalagens laminadas e submetido a armazenamento por 60 dias, sob condições controladas de temperatura (20, 30 e 40°C) e umidade relativa (55%);
- Elaborar diferentes formulações de bebida láctea fermentada com leite pasteurizado, variando-se as concentrações de polpa de lichia em pó (7, 9, 11%) e caracterizar as amostras quanto aos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos.
- Analisar o comportamento reológico da bebida láctea fermentada adicionada de 7, 9, 11% de pó liofilizado de lichia, na temperatura de 5°C, ajustando-se aos modelos de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Casson

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos botânicos (família, origem, características gerais)

As magnoliophytas ou Anthophytas representam um grupo vegetal monofilético, cuja origem remonta há pelo menos 140 milhões de anos, no final do período Jurássico e inclui atualmente cerca de 230 mil espécies. Esse filo se irradiou explosivamente desde o final do Cretáceo, há 65 milhões de anos, tornando-se atualmente um dos vegetais dominantes do planeta. Certamente o sucesso desse grupo está atrelado à produção de flores e frutos como atrativo nutricional a diversas espécies animais que co-evoluíram num íntimo mecanismo de interdependência (PURVES et al., 2006).

De acordo com SOUZA & LORENZI (2005), o Brasil possui 24 gêneros dessa família e cerca de 400 espécies autóctones da Mata Atlântica e Floresta Amazônica. Dentre estas, o guaraná (*Paullinia cupana*) e a pitomba (*Talisia esculenta*), são os frutos mais explorados e conhecidos (HERCULANO & MATOS, 2008).

No Brasil, a lichia é consumida essencialmente in natura (Figura 2.1). A polpa ou arilo (parte comestível), que cobre a semente, pode variar de estação para estação e entre cultivares de 28 a 54%. O seu sabor é sub-ácido a adocicado, lembrando o da uva, com açúcares em torno de 10 a 12% (MATOS, 2012).



Figura 2.1. Planta de lichia. Fonte: SAFARIGARDEN (2017)

2.2 *Lichi chinensis* (composição centesimal; valor nutricional)

A exploração comercial e as pesquisas da lichia no Brasil (Figura 2.2) limitam-se às pesquisas nacionais sobre sua composição e valores nutricionais. Os dados levantados na bibliografia fazem referência a MOTTA (2009) e QUEIROZ et al. (2012) e de certo modo, enfatizam a escassez de estudos e demonstram o interesse recente em pesquisar esse fruto, reflexo também do seu interesse crescente pelo mercado consumidor.



Figura 2.2. *Lichi chinensis*. Fonte: SAFARIGARDEN (2017).

Apesar de estudos similares terem retratado a composição química e nutricional da lichia em várias partes do mundo, é sabido que na introdução de espécies vegetais exóticas, os frutos descendentes desse evento não são obrigatoriamente semelhantes nos aspectos químicos ou nutricionais. Ademais, esses parâmetros oscilam de acordo com o estado físico do fruto (fresco ou seco), bem como variações nutricionais podem ser evidenciadas em função de fatores climáticos e edafológicos (WALL, 2006).

Corroborando essa afirmação, MOTTA (2009) e QUEIROZ et al. (2012), encontraram valores diversos quanto à composição centesimal de lichias, conforme Tabela 2.1.

Tabela 2.1. Composição centesimal da polpa fresca de Lichia (valores em g/100g)

Variáveis	Unidade	<i>Lichi chinensis</i>	
		MOTA (2009)	QUEIROZ (2012)
Umidade	G	82,42	83,91
Proteínas	G	1,20	1,15
Extrato etéreo	G	0,97	0,67
Carboidratos	G	14,92	13,46
Fibra bruta	G	*	0,44
Cinzas	G	0,48	0,37

*Não determinado

Segundo QUEIROZ et al. (2012), as diferenças entre os resultados obtidos podem ser devidas às variações no clima, maturidade, cultivares e práticas agrícolas.

Observa-se, em ambos os estudos, a maior proporção de umidade e carboidratos e baixa quantidade de gorduras, o que condiz com a maioria dos frutos consumidos pelo mercado brasileiro. Essa constatação insere a lichia como um alimento que pode incrementar uma dieta que permita aos consumidores uma vida mais saudável.

No que concernem os aspectos físico-químicos de lichia, os dados mais atuais para lichias cultivadas no Brasil são de QUEIROZ et al. (2012), expressos na Tabela 2.2.

Tabela 2.2. Sólidos solúveis, acidez titulável e pH, com base na matéria seca em estufa a 45°C, das frações de lichia in natura.

Variáveis	Unidade	<i>Lichi chinensis</i>		
		Casca	Polpa	Semente
Sólidos solúveis	°Brix	14,25	77,60	12,02
Acidez titulável	mg/100 g	0,64	4,02	0,29
pH		4,79	3,87	5,99

Por se tratar de uma fruta exótica, de amplo cultivo e aceitação mundial, vários trabalhos relativos à lichia, seus subprodutos ou derivados, vêm sendo desenvolvidos recentemente, a exemplo da produção de sucos de lichia adicionados de *Lactobacillus casei* 01, encapsulados por *spray drying* com aplicação de maltodextrina e goma arábica (KINGWATEE et al., 2015); estudos sobre as propriedades etnofarmacológicas de lichias na Arábia Saudita (IBRAHIM & MOHAMED, 2015); aplicação de extratos de sementes de lichia com função anti-obesidade, como aditivos de carne suína, na China (QI et al., 2015); produção de vinhos a base de lichias, por diferentes estratégias de fermentação, em Singapura (CHEN & LIU, 2016); uso de extratos de sementes de lichia chinesas com efeito hipoglicemiante (MAN et al., 2016); produção e avaliação da qualidade fitoquímica e aceitação de xarope a base de lichias tailandesas (CHAIKHAM et al., 2017).

2.3 Reologia

O termo reologia (*rheo* – deformação e *logos* – ciência) significa o estudo do escoamento dos fluidos, ou seja, é a ciência que se preocupa com a descrição das propriedades mecânicas dos vários materiais sob diferentes condições de deformação, quando eles exibem a capacidade de escoar e/ou acumular deformações reversíveis (NAVARRO, 1997).

Para a indústria alimentícia, a análise das propriedades reológicas dos seus produtos pode fornecer dados imprescindíveis para a aceitação do público, uma vez que o contato desse material com as papilas gustativas permite além da captação do sabor, a averiguação das propriedades dessas propriedades, tais como textura, cremosidade, maciez, suculência, suavidade e dureza (SHARMA et al., 2000)

As análises de reologia podem ser desenvolvidas de duas formas: (a) através do teste rotacional, onde uma força ou tensão de cisalhamento é aplicada sobre a amostra, caracterizando a mesma quanto à sua viscosidade e comportamento em fluxo e (b): testes oscilatórios, que têm uma vantagem sobre os rotacionais, pois não ocorre a destruição da amostra simulando o estado estacionário. Assim, além de caracterizar o comportamento, é possível ainda avaliar a estabilidade do produto em relação aos seus ingredientes e fazer o estudo da vida de prateleira (CHAVEZ-MONTES et al., 2007; LIZARPAGA et al., 2006).

As forças de atração e repulsão das moléculas constituintes são os principais responsáveis pela natureza física de um material e essa interação é crucial no que concerne ao comportamento de maior ou menor fluidez deste material (BOBBIO & BOBBIO, 2003). A definição de um fluido é entendida como uma substância que se deforma continuamente quando submetida a um esforço constante, sem importar quão pequeno seja este esforço (STREETER, 1996). Forças cisalhantes desse fluido sofrem resistência e o grau dessa resistência descreve a sua viscosidade (SHARMA et al., 2000).

A importância de se conhecer o comportamento reológico dos derivados de frutas está na sua utilização como medida de qualidade além de ser indispensável em projetos, avaliação e operação dos equipamentos processadores de alimentos, porém de essencial importância na economia de energia (HAMINIUK, 2005).

Em alguns casos, foram encontradas correlações diretas entre o aumento da viscoelasticidade na interface e um aumento da estabilidade contra a coalescência.

Demonstrou-se ainda que a adição de polissacarídeos pode modificar a reologia de interface e a tensão interfacial, dependendo de como interagem com as proteínas presentes (TURGEON et al., 2007).

A descrição do comportamento reológico é feita através de modelos empíricos que são usados para relacionar os dados de tensão de cisalhamento e taxa de deformação, e assim facilitar os cálculos de engenharia. O modelo mais prático e, a partir do qual, outros modelos foram derivados, é o Ostwald-de-Waele (BRANCO, 2001).

O tipo do fluido foi determinado pelo índice de comportamento (n) que segundo LEWIS (1990) para valores de $n < 1$, a viscosidade aparente decresce com o aumento da velocidade de rotação, caracterizando o fluido como pseudoplástico, para $n > 1$, é caracterizado como fluido dilatante e para $n = 1$ o fluido é classificado como newtoniano.

Os principais fatores responsáveis pelo comportamento reológico dos produtos derivados de frutas são: o tipo de fruta, temperatura e o teor de sólidos (açúcares, pectinas e fibras). Uma vez que os sucos, polpas e néctares de frutas são sistemas bifásicos constituídos por partículas sólidas dispersas em meio aquoso, o seu comportamento reológico também será influenciado pela concentração, composição química, tamanho, forma e distribuição das partículas que compõem a fase dispersa (COSTELL & DURÁN, 1982).

2.4 Secagem

Desde que executada com primazia, a secagem mantém as propriedades nutricionais, aumenta a vida de prateleira e agrega valor aos produtos beneficiados, que podem ser distribuídos com economia de armazenamento e embalagem, tendo em vista a sua massa reduzida (ALEXANDRE et al. 2007). Temperaturas inadequadas ou extensivamente demasiadas podem implicar em alterações indesejadas e conseqüentemente, inviabilizar o referido produto.

Geralmente, a retirada da água é realizada por elevação da temperatura, o que pode se não executada com critérios, acarretar na perda de propriedades biológicas, como a desnaturação proteica. Outra técnica, provavelmente remetida aos antigos povos que habitavam as regiões polares, é a da secagem por baixas temperaturas.

Para a engenharia de processos, que engloba a própria engenharia de alimentos, a secagem de frutos desponta como um dos mais importantes métodos de obtenção de novos produtos alimentícios, os quais podem ser veículos adequados de nutrientes e vitaminas incorporados a outros já disponíveis no mercado e/ou favorecendo a criação de outros produtos livres de conservantes (MARQUES, 2008).

2.5 Liofilização

A secagem por liofilização é um processo que envolve a sublimação do material congelado a vácuo. A eficiência da referida técnica está intimamente associada às condições operacionais e da análise criteriosa das variáveis ao longo do tempo de processamento, o que implicará na boa qualidade do produto obtido. Por empregar baixas temperaturas, essa tecnologia permite a preservação de propriedades organolépticas, como aromas, que são muito influenciados por processos convencionais de secagem que utilizam temperaturas elevadas (VIEIRA et al., 2012).

Entre as vantagens apontadas por MARQUES (2008) está o fato de que a liofilização permite um mínimo de encolhimento ao material a ser seco, não havendo a formação de camadas duras e impermeáveis (*case-hardening*), bem como não há migração de sólidos solúveis para a superfície, durante a secagem.

Estudos sobre a conservação dos valores nutricionais dos frutos liofilizados reforçam as assertivas supracitadas, como se registrou nas análises realizadas em polpas de açaí (MENEZES et al., 2008)

Além do aroma, a baixa temperatura preserva grande parte dos nutrientes originais, agregando valor aos alimentos liofilizados. Por outro lado, seu custo é, em média, o triplo daquele empregado por outras técnicas. Assim, torna-se imprescindível o incremento de pesquisas que possam reduzir os custos e tornar esses alimentos mais competitivos comercialmente (VIEIRA et al., 2012).

Corroborando esses argumentos, MARQUES (2008) ratificou que frutas tropicais (abacaxi, acerola, mamão papaya, manga e goiaba) liofilizadas mantêm alto grau de preservação de nutrientes e excelente capacidade de reidratação, dada a alta porosidade do produto seco.

MOREIRA et al. (2013) estudando a polpa da manga liofilizada, asseguraram que as análises físico-químicas do pó obedecem aos padrões para alimentos desidratados e são fonte de vitamina C. Resultados similares foram encontrados por

MENEZES et al. (2009), quando avaliaram a polpa de acerola, ou seja, a liofilização favorece o incremento dos teores de vitamina C, quando comparado a outros métodos de secagem. Adicionalmente, OLIVEIRA et al. (2011), evidenciaram que as variáveis físico-químicas envolvidas no processo de liofilização de sapoti foram mais elevadas que dos frutos de sapoti na forma in natura.

Estudos sobre a cinética de secagem por liofilização realizados por VIEIRA et al. (2012) mostraram haver uma forte correlação entre a referida cinética e as condições utilizadas durante a etapa de congelamento, variando também em relação a espessura das fatias.

No tocante aos estudos de estabilidade durante o armazenamento do pó obtido por liofilização de frutos, ALVES et al. (2008), avaliaram que, para o pequi, a adição de sacarose a 5% e etanol a 10%, promove melhor condições de conservação. Ademais, a miscibilidade dos álcoois etanol e isopropanol auxilia na retenção de carotenoides dos pós obtidos dada a sua solubilidade em solventes orgânicos.

Segundo MARQUES (2008), o processo de liofilização compreende três estágios, descritos a seguir:

2.5.1 Congelamento

Durante a primeira fase da liofilização, são determinadas a morfologia, a distribuição e a conectividade dos poros na camada seca, formada durante a sublimação. Desse modo, o congelamento eficiente é de fundamental importância, pois afeta os parâmetros que caracterizam a transferência de massa e de calor no produto seco durante a secagem primária e secundária. Quando os cristais de gelo atingem a morfologia esperada e a dispersão da solução pré e pós-eutética congelada é homogênea, a taxa de transferência de massa de vapor de água na camada seca é elevada e o produto tem um tempo de secagem reduzido. Seguramente, rápidas taxas de congelamento permitem uma melhor preservação das ultraestruturas celulares, como consequência da formação de pequenos cristais de gelo e da nucleação intracelular.

2.5.2 Sublimação ou secagem primária

A sublimação ou secagem secundária consiste na remoção do solvente congelado em baixas pressões, inferiores ou próximas daquelas inerentes a pressão de vapor de equilíbrio deste solvente. A sublimação é a etapa mais analisada da liofilização

e conta com vários trabalhos de modelagem e otimização de parâmetros, levando-se em conta a natureza de vários materiais e condições de operação.

2.5.3 Dessorção

A última etapa da liofilização é descrita como sendo um processo de retirada da água associada à estrutura do material. Por restar ainda uma pequena quantidade de solvente, essa fase ocorre em velocidade mais lenta que a sublimação, restando ao seu final, uma fração de umidade residual concernente àquela necessária para manter o produto em condições de armazenamento por longos períodos.

2.6 Espectrometria por raios-x

É uma técnica analítica utilizada para a análise elementar ou a caracterização química de uma amostra; e, também, um acessório essencial no estudo de caracterização microscópica, no qual os elementos químicos presentes numa amostra podem ser identificados através do espectro de raios X emitidos pela amostra. O diâmetro reduzido do feixe permite a determinação da composição mineral em amostras de tamanhos muito reduzidos, menores que 5 μm , permitindo uma análise quase que pontual (FIDÉLES, 2010).

2.7 Maltodextrina

O processo de liofilização de sucos e polpas de frutas, via de regra, promove a obtenção de pós com elevada higroscopicidade, o que favorece a ocorrência de um fenômeno denominado *caking* (CARLOS et al., 2005), inviabilizando o produto ou reduzindo seu tempo de prateleira. Desse modo, a incorporação de materiais que visem reduzir a higroscopicidade e aumentem a solubilidade para posterior reconstituição do produto são imprescindíveis na indústria alimentícia.

A maltodextrina é um polissacarídeo derivado da hidrólise parcial do amido, subdividida a partir do grau de dextroses equivalentes (DE). Por sua vez, a dextrose equivalente é uma medida que caracteriza a extensão da hidrólise do amido e também indica uma média do peso molecular. Conforme aumenta o grau de hidrólise, a média do peso molecular diminui e a DE aumenta (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2015). Além disso, a aplicabilidade da maltodextrina como carreador do processo de liofilização reduz a oxidação do produto, atuando como agente encapsulante, devido à

formação de filmes com propriedades plásticas (TELIS & MARTINEZ - NAVARRETE, 2009).

Em virtude das suas propriedades físicas bem definidas, a maltodextrina figura como um dos adjuvantes mais empregados na indústria alimentícia e especialmente em pesquisas de prospecção de novos produtos derivados de frutas. Pode-se destacar alguns trabalhos recentes, envolvendo liofilização de frutas adicionadas desse carreador, a exemplo dos trabalhos realizados por OLIVEIRA et al. (2015b), quando ressaltaram a importância desse carreador na retenção de ácido ascórbico e redução da atividade de água em polpas liofilizadas de guavira. Com o mesmo intuito, KRUMREICH et al. (2016) em estudos sobre a influência da liofilização na composição física, química e físico-química de polpas de uvaia formuladas com 10% de maltodextrina, demonstraram que o produto obtido apresentou índices maiores de solubilidade e higroscopicidade, além de promover uma retenção de aproximadamente 99% do ácido ascórbico.

De acordo com RIBEIRO et al. (2016), a adição de maltodextrina à polpa liofilizada de acerola, garantiu a obtenção de um pó de baixa higroscopicidade e alta solubilidade. Melhorias dos parâmetros físico-químicos foram também constatadas nos estudos de BARROSO et al. (2017) a partir da incorporação de maltodextrina no processo de liofilização de mangaba. Segundo esses autores, as formulações desidratadas em concentrações de 0, 10, 20 e 30% de adjuvante exibiram um aumento gradual da luminosidade e pH; redução da atividade de água, umidade e acidez total titulável.

Estudos sobre a adição de maltodextrina e sua influência sobre a desidratação por liofilização foram reportados por FONGIN et al. (2017), quando utilizaram calorimetria diferencial de varredura e concluíram que a incorporação do carreador promoveu um aumento na temperatura de transição vítrea, durante o processo de secagem da polpa de manga. Corroborando esses estudos, AMARAL et al. (2017), reportaram que a adição desse carreador elevou a temperatura de transição vítrea durante a liofilização da polpa de maracujá, favorecendo também a estabilização do produto, com menor adsorção de água. Por sua vez, BEZERRA et al. (2017) em estudos sobre os efeitos da maltodextrina e outros adjuvantes na retenção de compostos voláteis na polpa de marolo liofilizada, aplicando técnicas decromatografia gasosa combinada com espectrometria de massa, concluíram que os melhores resultados de

retenção de compostos se deu nas amostras formuladas com maltodextrina em concentrações de até 6%.

2.8 Armazenamento

A estabilidade de um produto alimentício desidratado é delimitada em relação ao intervalo de tempo em que o mesmo pode ser consumido com garantias que suas propriedades organolépticas, nutricionais e microbiológicas estejam conservadas (YUYAMA et al., 2008). Essa estabilidade está associada a fatores intrínsecos, tais como: composição química, tipo e concentração de carreador, bem como a fatores extrínsecos, como condições de armazenamento, transporte, manuseio, tipo de embalagem (CANO-CHAUCA et al., 2005).

A desidratação atrela vantagens ao produto, aumentando sua vida de prateleira, redução do volume, facilidade de transporte e prolongamento da oferta do produto em épocas de entressafra (YOUSEFI et al., 2011). Por outro lado, os pós resultantes desse processo caracterizam-se geralmente pela elevada carga de açúcares, os quais tendem a absorver água do entorno, formando aglomerados (*caking*) relacionados, portanto a sua higroscopicidade, quando a água é adsorvida na superfície das partículas, formando uma solução saturada e tornando as partículas pegajosas (CAVALCANTE et al., 2017). Assim, ocorre a dissolução de açúcares amorfos, interferindo na reconstituição e escoamento do produto, além de promover outros processos degradantes, que comprometem a qualidade do produto (ENDO et al., 2007).

Visando expandir a vida de prateleira de produtos alimentícios, o emprego de embalagens laminadas tem se mostrado eficiente em detrimento das embalagens de polietileno para sucos desidratados (SOUSA, 2016), embora essa estimativa necessite de informações sobre a cinética de deterioração (LISBOA et al., 2011).

Segundo SANTOS (2016), a vida de prateleira é uma informação fundamental para a indústria, fomentando o gerenciamento da distribuição do produto e facilitando as condições de conservação pelos consumidores. Desse modo, a literatura aponta uma série de trabalhos com intuito de determinar as melhores condições de estocagem dos pós obtidos a partir da desidratação de polpas de frutas, a exemplo de OLIVEIRA et al. (2013), quando avaliaram o efeito de diferentes agentes carreadores (Maltodextrina 5-DE, Maltodextrina 10-DE, Goma arábica e Capsul ®) nas características físico-químicas da polpa de morango desidratada por atomização e armazenada à temperatura

ambiente por 90 dias. Segundo esses autores, a avaliação do teor de antocianinas do produto desidratado não exibiu influência do tempo de armazenamento nos resultados, independentemente do agente carreador usado, indicando que todos os materiais conferiram boa estabilidade às antocianinas presentes na polpa de morango, além da possível proteção conferida pela própria embalagem, embora a goma arábica tenha sido o agente carreador mais eficiente na proteção deste pigmento.

Por sua vez, ALEXANDRE et al.(2014), em estudos sobre a vida de prateleira do pó da polpa de pitanga desidratada por meio de secagem em camada de espuma, na temperatura de 70°C, determinaram que, ao longo dos 60 dias de análise, o pó sofreu alterações na maioria das propriedades avaliadas: o teor de ácido ascórbico, ácido cítrico, açúcares totais, açúcares redutores, luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo diminuíram com o tempo, enquanto a umidade e o pH aumentaram e apenas os açúcares não redutores mantiveram valores estatisticamente iguais do tempo inicial ao final do armazenamento. Para OLIVEIRA et al. (2015a), a estabilidade da polpa de mandacaru desidratada em secador por aspersão foi afetada em relação aos parâmetros físico-químicos analisados, uma vez que as embalagens laminadas utilizadas não impediram a absorção de água, o escurecimento nem a redução do teor de ácido ascórbico do pó, ao longo de 50 dias do período amostral.

Do mesmo modo, GALDINO et al. (2016) avaliaram a estabilidade do figo-da índia em pó, obtido pelo processo de secagem por aspersão durante 40 dias em condições controladas de umidade relativa (83%) e temperatura (25 e 40°C). De acordo com os autores supracitados, durante o armazenamento as embalagens não evitaram a absorção de água, exibindo desse modo elevação da umidade e conseqüentemente, da atividade de água, além de oscilações do parâmetro intensidade de amarelo. Contudo, a acidez total titulável se manteve estatisticamente estável. Segundo SOUSA et al. (2016), o uso de embalagens laminadas, seladas a vácuo conferiu maior estabilidade que embalagens de polietileno ao suco de caju em pó desidratado em leite de jorro. Para esses autores, os teores de ácido ascórbico e carotenoides exibiram reduções, independentemente do tipo de embalagem, enquanto a umidade se manteve estável, bem como exibiram baixa higroscopicidade, porém com elevada formação de *caking* em ambas. Por outro lado, o tempo necessário para reidratar o suco de caju em pó da embalagem plástica aumentou ao longo dos 60 dias de armazenamento.

Estudos sobre a estabilidade química e física da polpa de umbu-cajá desidratada por liofilização foram conduzidos por SANTOS et al. (2016). Ao longo de 180 dias em condições ambientais, esses autores relataram que todos os parâmetros investigados foram alterados significativamente ao longo da estocagem, constatando-se a elevação da atividade de água e do ratio SST/ATT e redução da luminosidade, dos sólidos solúveis totais, ácido ascórbico, açúcares redutores e acidez titulável, embora as variações dos teores dos três últimos parâmetros citados tenham sido menos intensas que as anteriores.

Alterações das propriedades físico-químicas do pó de acerola obtido em estufa de circulação de ar forçado foram avaliadas por REIS et al. (2017). De acordo com esses autores, ao longo de 75 dias de estocagem os valores de pH e sólidos solúveis mantiveram-se estáveis; registrou-se elevação da acidez total titulável e perdas significativas de até 80% nos teores de ácido ascórbico. Por sua vez, CONEGERO et al. (2017) em estudos sobre a estabilidade da polpa liofilizada de mangaba, acondicionadas em embalagens de polietileno ou laminadas, relataram que, ao longo de 90 dias, houve redução dos teores de ácido ascórbico, aumento da atividade de água e pH e sensível escurecimento das amostras, embora as alterações tenham sido de menor intensidade para as amostras acondicionadas nas embalagens laminadas.

Desse modo, a literatura reforça a importância dos estudos sobre a estabilidade das propriedades físicas, químicas e físico-químicas das polpas de frutas desidratadas, demonstrando que a vida de prateleira desses produtos está intrinsecamente ligada ao tempo de estocagem, a temperatura de armazenamento, ao tipo de embalagem empregada e a própria natureza do produto estocado.

2.9 Bebidas lácteas fermentadas

De acordo com BRASIL (2007) a distinção entre iogurte e leite fermentado integral é atribuída ao tipo de cultura láctea, estando restritos para o iogurte os cultivos protosimbióticos de *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* e *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus*, aos quais se podem acompanhar de forma complementar, outras bactérias ácido-lácticas. Portanto, a fermentação do leite por culturas distintas, adicionado ou não de outros produtos lácteos, caracteriza o que foi denominado leite fermentado integral. Ainda segundo essa instrução, os padrões técnicos de identidade e qualidade do leite fermentado preconizam os teores de lipídeos (0,50 a 5,90%), proteínas (mínimo de 2,90%) e acidez em ácido láctico (entre 0,60 e 2,00).

Bebidas lácteas fermentadas enquadram-se como alimentos probióticos, segundo a FAO (2002), uma vez que são compostos por micro-organismos vivos que ingeridos em quantidade adequada, promovem benefícios à saúde humana, contribuindo para o equilíbrio da microbiota intestinal. Para tanto, esses micro-organismos devem ser resistentes aos sucos gástrico e entérico, ter capacidade de adesão à mucosa intestinal e impedir o crescimento de bactérias patogênicas. Adicionalmente, os probióticos devem ser estáveis quando aplicados em alimentos.

A aceitação crescente de bebidas lácteas decorre da mudança de hábitos da população, cada vez mais ligada a questões como qualidade e funcionalidade dos alimentos, atrelada ao forte apelo aos hábitos de vida saudáveis empreendidos pelos profissionais de saúde. Adicionalmente, as propriedades sensoriais contribuem fortemente para esse consumo regular. O sabor levemente ácido decorre da reação simbiótica das culturas lácteas, que sintetizam ácido láctico, acetaldeído, diacetil, ácido acético e outras substâncias voláteis, que são fundamentais para a qualidade sensorial do produto (BARBOSA et al., 2013).

Apesar de crescente, o consumo de bebidas lácteas e iogurtes no Brasil ainda é considerado pequeno: apenas 3 kg/ano, enquanto que o consumo per capita na França, Uruguai e Argentina varia de 7 a 19 kg/ano (RIBEIRO et al., 2010). Portanto, têm-se um mercado pujante, em franco crescimento e atento às novidades da indústria.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção dos frutos e preparo das polpas pré-congelamento

As lichias foram adquiridas na CEASA em Recife, PE. Foram transportadas em caixas térmicas ao Laboratório de Processamentos e Armazenamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) da Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola (UAEA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG).

Após a recepção, os frutos foram selecionados quanto ao seu grau de maturação, considerando-se a sua coloração e textura, higienizados por imersão em água clorada (50 ppm de cloro ativo/15 min) e, em seguida, enxaguados em água corrente a fim de se retirar o excesso de cloro. Após a lavagem, os frutos foram despulpados manualmente com facas de aço inoxidável e as respectivas polpas envasadas em sacos plásticos de polietileno de baixa densidade, com volume de 1 L (dimensão 10 x 25 cm) e estocadas em freezer horizontal ($-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$), até a realização dos experimentos (Figura 3.1).

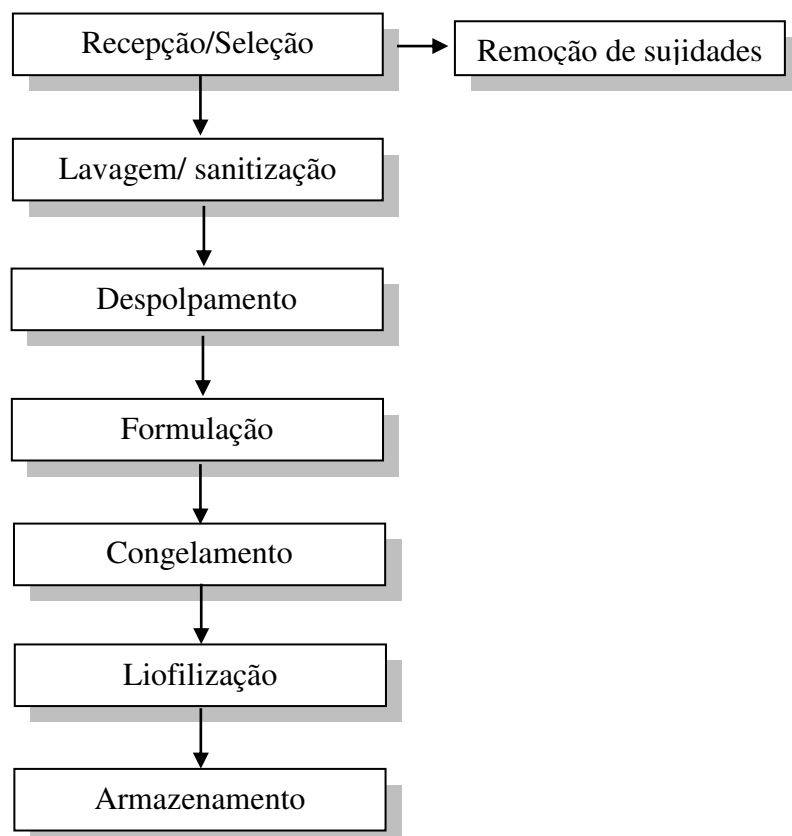


Figura 3.1. Fluxograma do processamento da polpa de lichia.

3.2. Caracterização física, química e físico-química da polpa de lichia

Após o processamento, a polpa da lichia foi caracterizada física, química e físico-quimicamente segundo os parâmetros: umidade (%), sólidos totais (%), sólidos solúveis totais (Brix), pH, acidez total titulável (%), ratio(SST/ATT), lipídeos (%), proteína bruta (%), cinzas (%), carboidratos totais (%), valor calórico (Kcal/g), ácido ascórbico (mg/100 g), cor e atividade de água (a_w).

3.2.1 Umidade e sólidos totais

A umidade e os sólidos totais da polpa da lichia foram determinados em triplicata de acordo com BRASIL (2008).

3.2.2 Sólidos solúveis totais

Os sólidos solúveis totais foram avaliados em triplicata com o uso de refratômetro portátil (Abbe-RT32), com escala de 0 a 32°Brix (BRASIL, 2008).

3.2.3 pH

O potencial hidrogeniônico (pH) foi mensurado em triplicata pelo método potenciométrico, com medidor de pH digital (Tecnal-TEC-2), previamente calibrado com buffer (pH 4,0 e 7,0), segundo BRASIL (2008).

3.2.4 Acidez total titulável (ATT)

A acidez total titulável foi determinada em triplicata, através do método acidimétrico segundo a metodologia descrita por BRASIL (2008). Os resultados foram expressos em percentual de ácido cítrico.

3.2.5 Ratio SST/ATT

Foi determinada pela relação entre os sólidos solúveis totais (SST) e a acidez total titulável (ATT).

3.2.6 Lipídeos

O teor lipídico contido na polpa de lichia foi determinado em triplicata, por extração com mistura de solventes a frio, de acordo com método preconizado por BLIGH & DYER (1959). Os resultados foram expressos em percentual.

3.2.7 Proteína bruta

A determinação da proteína bruta foi mensurada em triplicata, segundo método Micro-Kjeldalh, o qual expressa o teor de nitrogênio total. Segundo a AOAC (2010), os valores de proteínas vegetais são alcançados utilizando-se o fator 5,75. Os resultados foram expressos em percentual.

3.2.8 Resíduo mineral fixo (cinzas)

O teor de cinzas foi realizado através da incineração da amostra em mufla aquecida a 550 °C, até a obtenção de um material isento de carvão, com coloração acinzentada, conforme BRASIL (2008). Os resultados foram expressos em percentual. A partir da mensuração das cinzas, estipulou-se ainda a concentração de cálcio, ferro, fósforo e sódio (mg/100g).

3.2.9 Cálcio

A determinação do teor de Cálcio foi avaliada através da titulação com EDTA (sal dissódico do ácido etileno diaminotetracético), utilizando-se uma mistura de ácido calconcarboxílico, alaranjado de metila e cloreto de sódio, como indicador. O resultado foi expresso em mg /100 g (BRASIL, 2008).

3.2.10 Ferro e Fósforo

O teor de Ferro e Fósforo foram mensurados por espectrofotometria (UV/VIS), segundo RANGANA, 1979. Na determinação do Ferro, o comprimento de onda aplicado foi de 480 nm e para o Fósforo, os íons fosfatos foram aferidos em comprimento de onda de 650 nm.

3.2.11 Sódio

A determinação do teor de sódio foi estabelecida a partir do método fotométrico de chamas descrito por APHA (1992).

3.2.12 Carboidratos totais

A determinação dos carboidratos totais foi estipulada por diferença (100 menos a soma dos percentuais da umidade, cinzas, proteínas e lipídios).

3.2.13 Valor calórico

Para se determinar o valor calórico, multiplicou-se os teores de lipídeos pelo fator de conversão 9 Kcal/g e os teores de proteínas e carboidratos pelo fator de conversão 4 Kcal/g (ANVISA, 2005).

3.2.14 Ácido ascórbico

A determinação do ácido ascórbico foi obtida pela AOAC (1997), modificada por BENASSI & ANTUNES (1988). Nesse método foi utilizado o ácido oxálico como solução extratora e consiste na titulação da amostra com o 2,6 diclorofenol-indofenol sódio, que exprime coloração rosácea em solução ácida e coloração azulada em solução alcalina. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico/100g de amostra.

3.2.15 Cor

A análise dos parâmetros de cor da polpa de lichia foram estabelecidos com o uso de um espectrofotômetro portátil (Hunter Lab – Mini Scan XE plus 4500 L), o qual permitiu a obtenção dos parâmetros luminosidade ($L^* = 0$ - preto; $L^* = 100$ - branco), a^* e b^* exprimem a cromaticidade ($+a^*$ vermelho e $-a^*$ verde; $+b^*$ amarelo e $-b^*$ azul). Após a aferição dos dados de a^* e b^* , pode-se estabelecer os valores do croma (C^*), que representa a saturação ou intensidade da cor, sendo $0 =$ cor impura e $60 =$ cor pura e o ângulo de tonalidade (h^*) que indica a cor observável da amostra, estando ligados aos valores de a^* e b^* , onde $0^\circ =$ vermelho; $90^\circ =$ amarelo; $180^\circ =$ verde; $270^\circ =$ azul e $360^\circ =$ preto conforme equações descritas a seguir:

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (3.1)$$

$$h^* = \tan^{-1}\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (3.2)$$

3.2.16 Atividade de água

A determinação da atividade de água (a_w) foi realizada com uso de um higrômetro (Aqualab 4TE-Decagon Devices). Os dados obtidos foram em triplicatas, em temperatura das amostras a 25°C .

3.3 Formulação das polpas de lichia para liofilização

A formulação das polpas envolveu o acréscimo de maltodextrina 20DE, em ensaios prévios que visaram à detecção da eficiência do processo de secagem, nas concentrações de 5, 10, 15, 20 e 25%, além de uma solução isenta de adjuvante. Contudo, constatou-se que o produto obtido exibiu aspecto caramelizado para as formulações abaixo de 15%, não sendo satisfatório para obtenção do pó. Desse modo, passou-se a trabalhar com as concentrações de 15, 20 e 25% de maltodextrina 20DE.

3.3.1 Caracterização física, química e físico-química das polpas formuladas

Aplicaram-se os parâmetros umidade, sólidos totais, sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, ratio, lipídeos, proteína bruta, resíduo mineral fixo, carboidratos totais, valor calórico, ácido ascórbico, cor e atividade de água, conforme item 3.2.

3.4 Reologia da polpa integral e das formulações

A análise da reologia das polpas integral e formulada foi realizada utilizando-se um viscosímetro marca Brookfield (modelo RVT), do fabricante Brookfield Engineering Laboratories, (*spindle* 28), em diferentes velocidades de rotação do equipamento (20; 40; 50; 60; 80; 100; 120; 140; 150; 160; 180 e 200 rpm), em triplicata. Os valores de viscosidade aparente da polpa da lichia foram obtidos a 25 °C, tendo as tensões de cisalhamento e as taxas de deformação estabelecidas de acordo com MITSCHKA (1982).

O ajuste das curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação foi obtido com auxílio do programa Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004) quando foram aplicados os modelos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Casson para o ajuste, descritos de acordo com as Eq. 3.3 a 3.6.

Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência) (3.3)

$$\tau = K \dot{\gamma}^n$$

Onde:

τ - tensão de cisalhamento (Pa);

$\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s^{-1});

K - índice de consistência (Pas^n);

n -índice de comportamento do fluido (adimensional).

Herschel-Bulkley (3.4)

$$\tau = \tau_0 + K_H (\dot{\gamma})^n$$

Onde:

τ - tensão de cisalhamento (Pa);

τ_0 - tensão de cisalhamento inicial (Pa);

$\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s^{-1});

K_H - índice de consistência (Pas n);

n - índice de comportamento do fluido (adimensional).

Mizrahi&Berk (3.5)

$$\tau^{0,5} = K_{OH} + K_M (\dot{\gamma})^n$$

Onde:

τ -tensão de cisalhamento (Pa);

K_{OH} - raiz quadrada da tensão inicial (Pa) 0,5 ;

K_M - Índice de consistência (Pa) 0,5 (s) n ;

$\dot{\gamma}$ - taxa de deformação (s^{-1});

n - índice de comportamento do fluido (adimensional).

Casson (3.6)

$$\tau^{1/2} = K_{0C} + K_C \dot{\gamma}^{1/2}$$

Onde:

τ - tensão de cisalhamento (Pa);

$\dot{\gamma}$ -taxa de deformação (s^{-1});

$K_{0C} = \tau_{0C}$ - tensão de cisalhamento inicial (Pa);

K_C -viscosidade plástica de Casson (Pa s).

A finalidade da aplicação dos modelos reológicos consiste no relacionamento das propriedades reológicas de um fluido com grandezas práticas, como concentração, temperatura, pH, e índice de maturação, entre outros. Para determinação do melhor

ajuste dos modelos aos dados experimentais, utilizaram-se, como critérios, o coeficiente de determinação (R^2) e o desvio percentual médio (P), calculado pela Eq. 3.7.

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{\tau_{\text{observado}} - \tau_{\text{predito}}}{\tau_{\text{observado}}} \right| \quad (3.7)$$

onde:

$\tau_{\text{observado}}$ – tensão de cisalhamento experimental (Pa);

τ_{predito} – tensão de cisalhamento teórico (Pa).

3.5. Secagem por liofilização

As amostras formuladas conforme o item 3.3 foram inseridas em liofilizador (marca Christ®-modelo Alpha 1-2 LD plus) à temperatura de $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a pressão de secagem na ordem de $1,3 \times 10^{-1}$ mbar por 48 h. Após o processo, o material obtido foi desintegrado, para posteriores análises físicas, químicas e físico-químicas.

3.5.1 Caracterização física, química e físico-química da lichia em pó

O produto obtido após a secagem e trituração assumiu aspecto de pó, sendo submetido às análises física, química e físico-química, quanto aos parâmetros umidade, sólidos totais, sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, ratio ATT/SST, lipídeos, proteína bruta, resíduo mineral fixo, carboidratos totais, valor calórico, ácido ascórbico, cor e atividade de água (item 3.2). Ainda foram determinados os açúcares redutores e não redutores, composição mineral, molhabilidade, solubilidade, densidade aparente, real e compactada, fator de Haunser e índice de compressibilidade.

3.5.1.1 Açúcares redutores em glicose

Para a determinação dos açúcares redutores em glicose, empregou-se o método Lane e Enyon, que consiste na redução de um volume conhecido do reagente de Fehling em aquecimento a óxido cuproso conforme BRASIL (2008). Os resultados foram expressos em percentual.

3.5.1.2 Açúcares totais em glicose

Os açúcares totais foram mensurados pelo método Lane e Enyon, após a hidrólise ácida das amostras de acordo com BRASIL (2008).

3.5.1.3 Açúcares não redutores em sacarose

Esse parâmetro é obtido através do produto resultante entre o fator 0,95 multiplicado pela diferença entre os percentuais de açúcares totais e açúcares redutores, ou seja: (% de açúcares totais – % açúcares redutores) x 0,95 conforme BRASIL (2008).

3.5.1.4 Composição mineral

A avaliação dos minerais presentes na polpa da lichia foi determinada através de ensaios de fluorescência de raios X. Para tanto, empregou-se o resíduo mineral fixo, obtido em mufla, submetido ao equipamento Shimadzu (EDX/720), o qual expressa a composição química semi-quantitativa das partículas por difração a laser.

3.5.1.5 Molhabilidade

A determinação do parâmetro molhabilidade obedeceu ao método preconizado por FREUDIG et al. (1999). Para tanto, depositou-se cuidadosamente 1000mg do pó liofilizado da lichia sobre 100 mL de água destilada a 25 °C, observando-se o tempo necessário para que o material se molhe (Eq. 3.8)

$$M = \frac{N}{t} \quad (3.8)$$

Em que:

M - molhabilidade;

N - massa da amostra, em mg;

t - tempo, em s.

3.5.1.6 Solubilidade e insolúveis

A análise do parâmetro solubilidade seguiu o método gravimétrico preconizado por DACANAL & MENEGALLI (2009). Portanto, estipulou-se a porcentagem do material não solubilizado (insolúveis), submetido a 1 min de agitação e diluído em 50 mL de água destilada, que foi submetido a filtração em papel filtro. Esse material agregado ao filtro foi submetido a estufa a 60 °C por 24 h. Através das Eqs. 3.9 e 3.10, determinou-se a solubilidade e os insolúveis nas polpas em pó.

$$\text{insol} = m_2 \frac{(1+UBU)}{m_1} \times 100 \quad (3.9)$$

$$\text{sol} = 100 - \text{insol} \quad (3.10)$$

onde:

insol - insolúveis, %;

m₁ - massa inicial da amostra, g;

m₂ - massa inicial da amostra remanescente no papel de filtro, g;

Ubu-teor de água da amostra, g;

Sol - solubilidade, %.

3.1.5.7 Higroscopicidade

A determinação da higroscopicidade foi mensurada de acordo com o método proposto por CAI & CORKE (2000), com algumas modificações. As amostras em pó (aproximadamente 1 g) foram inseridas em um recipiente hermético contendo uma solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75,29%) a 25 °C por sete dias, com posterior pesagem dos pós. A higroscopicidade foi calculada como g de água adsorvida por 100 g de massa seca da amostra

3.5.1.8 Densidade aparente

Esse parâmetro obedeceu ao método preconizado por SOUZA et al. (2010) adaptado. O cálculo da densidade aparente seguiu a Eq. 3.11

$$Pa = \frac{m_s}{V_t} \quad (3.11)$$

Onde:

Pa- densidade aparente;

m_s-massa do sólido (g);

V_t- Volume total (cm³).

3.5.1.9 Densidade compactada

A avaliação da densidade compactada seguiu a metodologia descrita por GOULA & ADAMOPOULOS (2004). O cálculo da densidade de compactação seguiu a Eq. 3.12.

$$P_c = \frac{m_s}{V_{sc}} \quad (3.12)$$

Onde:

P_c - densidade compactada;

m_s - massa do sólido (g);

V_{sc} - Volume do sólido compactado (cm³);

V_t - Volume total (cm³).

3.5.1.10 Densidade real

A estimativa da densidade real seguiu a metodologia descrita por SOUZA et al.(2010) modificada. Foram pesados 2g de pó de lichia liofilizada, acondicionados em proveta graduada de 25 mL. A esse volume, foi adicionado tolueno até a aferição de um volume predeterminado. A aplicabilidade do tolueno decorre de sua capacidade de penetrar entre os grânulos sólidos sem causar dissolução (CAPARINO et al., 2012). Para determinação da densidade real, obedeceu-se a Eq. 3.13

$$Pr = \frac{m_s}{V_s} \quad (3.13)$$

Onde:

Pr - densidade real;

m_s - massa do sólido (g);

V_t - Volume do sólido (cm³).

3.5.1.11 Fator de Hausner e índice de compressibilidade

O fator de Hausner e o índice de compressibilidade foi determinado de acordo com YUSOF et al. (2012), seguindo-se as equações 3.14 e 3.15, respectivamente:

$$FH = \frac{P_c}{P_a} \quad (3.14)$$

$$IC = \frac{P_c - P_a}{P_c} \quad (3.15)$$

Onde:

FH - fator de Hausner

Pc-densidade compactada (cm³);

Pa- densidade aparente (cm³);

IC - Índice de compressibilidade;

Pc-densidade compactada (cm³);

Pa- densidade aparente (cm³);

Após a realização das análises físicas, químicas e físico-químicas, procedeu-se à escolha do pó obtido, obedecendo principalmente aos seguintes parâmetros: Umidade, atividade de água, cor e ácido ascórbico.

3.6 Isotermas de adsorção

Para a determinação das isotermas de adsorção de umidade, empregou-se a amostra de lichia em pó adicionada de 25% de maltodextrina 20DE. Para essa amostra, empregou-se o método gravimétrico estático (CAPRISTE & ROTSTEIN, 1982), nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C. Desse modo, as amostras foram mantidas em câmaras incubadoras do tipo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand), para cada respectiva temperatura. Aferições da atividade de água foram mensuradas em equipamento Aqualab 3TE –Decagon Devices, bem como foram realizadas pesagens em balança analítica até que não houvesse mais variação de massa entre as pesagens.

Em seguida, estipulou-se a umidade de equilíbrio em base seca em estufa a 105 °C, considerando-se a Eq. 3.16:

$$X_{eq} = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} \quad (3.16)$$

Onde:

X_{eq}- umidade de equilíbrio (% base seca);

m_{eq}- massa da amostra no equilíbrio (g);

m_{seca}- massa seca da amostra (g).

3.6.1 Modelos matemáticos

Os modelos de GAB, Henderson e Oswin encontram-se na Tabela 4, onde foram ajustados às isotermas de adsorção de umidade das amostras de lichia em pó, através de regressão não linear, pelo método Quasi-Newton, empregando-se o programa Statistica 7.0

Tabela 3.1. Modelos matemáticos ajustados às isotermas de adsorção de umidade das amostras da lichia em pó

Modelo	Equação
GAB	$X_{eq} = \frac{X_m \cdot C \cdot K \cdot a_w}{(1 - K \cdot a_w) \cdot (1 - K \cdot a_w + C \cdot K \cdot a_w)}$
Henderson	$1 - a_w = \exp\left[-\left(k \cdot X_{eq}^n\right)\right]$
Oswin	$X_{eq} = A \cdot \left(\frac{a_w}{1 - a_w}\right)^B$

X_{eq} - Umidade de equilíbrio; X_m - Umidade na monocamada molecular; C e K - Parâmetros que dependem da temperatura e da natureza do produto; a_w - Atividade da água; n, a, b e c - Constantes do modelo.

Para avaliação do melhor ajuste dos modelos aos dados experimentais, foram considerados, como critérios, o coeficiente de determinação, bem como o erro médio relativo (Eq. 3.17)

$$P = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{V - V_0}{V} \right| \quad (3.17)$$

Onde:

P - erro relativo médio;

V - Valor observado experimentalmente;

V_0 - Valor estimado pelo modelo.

3.7 Análise micro-morfológica do pó.

Após a secagem da polpa de lichia, o pó com melhores características, ou seja, adicionado de 25% de maltodextrina DE-20, foi analisado quanto a sua microestrutura, com auxílio de um microscópio eletrônico de varredura (MEV), conforme preestabelecido por ROSEMBERG & YOUNG (1993).

Nesse protocolo, a amostra foi alocada em porta-amostra metálico (stubs) com fita dupla face condutora convencional, posteriormente, foi metalizada com uma liga de ouro-paládio em equipamento metalizador marca Polaron SC7620, do fabricante Sputter Coater, a uma taxa de recobrimento de 0,51 A/s, durante 3 min, com corrente de 3-5 mA, 1 volt e 2×10^{-2} Pa. A observação das amostras foi realizada em equipamento

microscópico Leica, modelo LEO 440i, a 5kV. O processamento de imagens demandou o uso do software LEO, versão 3.01.

3.8 Armazenamento

O protocolo de armazenamento obedeceu à submissão ao teste acelerado de estabilidade, sob as temperaturas de 20, 30 e 40 °C e umidade relativa controlada de 55%, submetidas a câmaras incubadoras do tipo B.O.D. As amostras dos pós foram acondicionadas em embalagens flexíveis laminadas compostas por 3 camadas: PET cristal (12 µm), PET metal (12 µm) e PEBD (50 µm).

Cada embalagem acondicionou aproximadamente 10 g de amostra e foram alojadas em recipientes de vidro contendo solução saturada de cloreto de Potássio (KCl). Cada amostra foi avaliada em intervalos de 10 dias durante 3 meses, quanto aos seguintes aspectos: umidade e sólidos totais, sólidos solúveis totais, pH, acidez total titulável, ratio SST/ATT e ácido ascórbico segundo BRASIL (2008), cor, e atividade da água, conforme alocado nos itens 3.2.1; 3.2.2; 3.2.3; 3.2.4; 3.2.5; 3.2.11; 3.2.12; respectivamente.

As análises estatísticas foram processadas com o auxílio do programa Assisat 7.7 (SILVA & AZEVEDO, 2016).

3.9 Processamento da bebida láctea fermentada

O processamento da bebida láctea fermentada adicionada do pó de lichia liofilizado, exigiu um delineamento prévio dos percentuais a serem incorporados, quando formulou-se seis amostras com concentrações entre 5 e 15%, em escala ímpar, eliminando-se os valores extremos em decorrência de alterações significativas de cor e pH, bem como pela comparação de concentrações usuais na literatura (CALDEIRA et al., 2010; MARINHO et al., 2012; COSTA et al., 2013; ARAÚJO & BARBOSA, 2015; SILVA et al., 2014; NERES et al., 2015; SILVEIRA et al., 2017; SANTOS et al., 2017). Desse modo, foram definidos os percentuais de 7, 9 e 11% de saborizante a serem adicionados, sendo esse pó obtido da amostra contendo 25% de maltodextrina.

Para a formulação, adicionou-se 4% de leite em pó e 10% de açúcar a um volume conhecido de leite pasteurizado, adquiridos no comércio local. Essa mistura foi aquecida a 45 °C, quando foi adicionada e homogeneizada a cultura termofílica comercial da marca Biorich® (*Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium animalis*

BB-12 *Lactobacillus acidophilus* LA-5), direcionando-se o material para uma câmara incubadora do tipo B.O.D na mesma temperatura, monitorando-se o pH até que este atingisse um valor aproximado de 4,6.

O processamento seguiu o fluxograma descrito na Figura 3.2

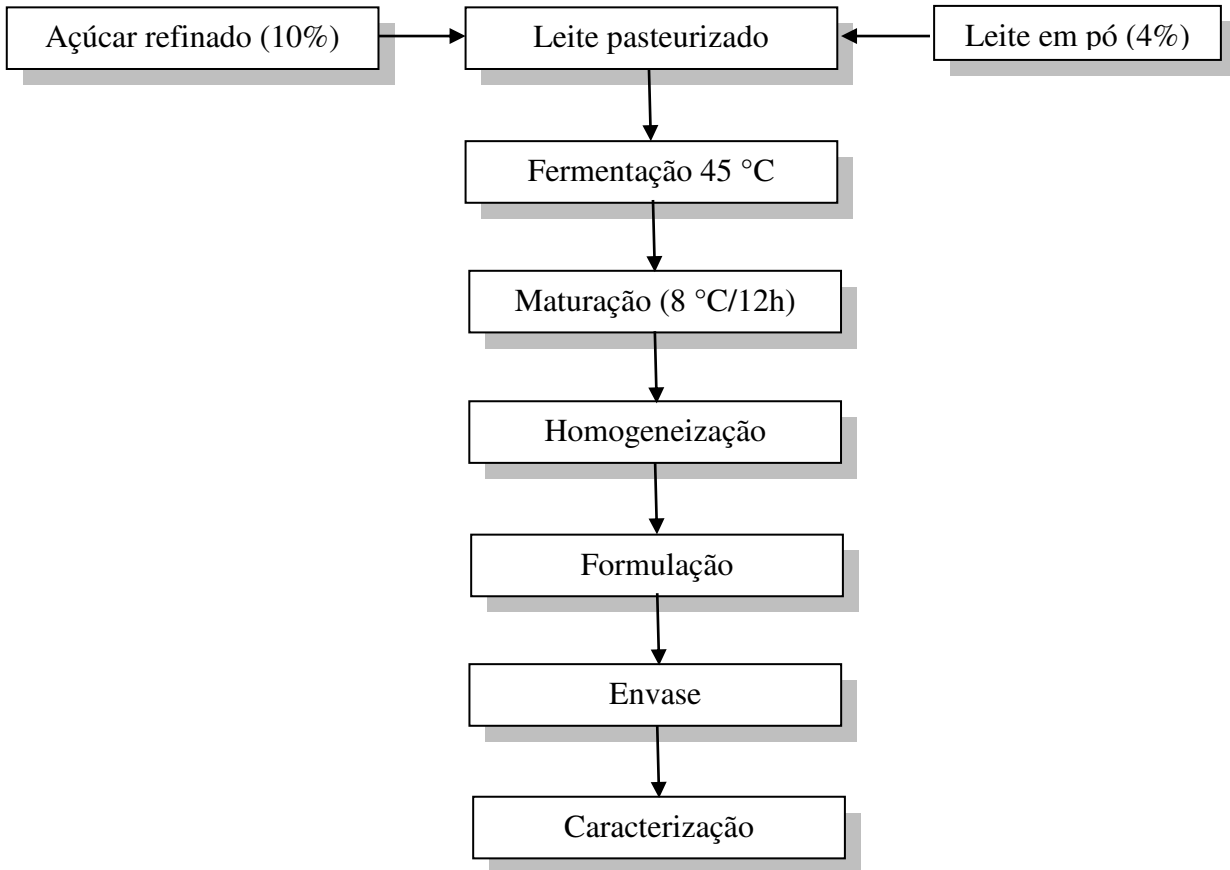


Figura 3.2. Fluxograma de processamento da bebida fermentada.

Após a fermentação, o material foi transferido para um refrigerador e mantido em temperatura inferior a 8 °C por 12 h, para maturação. Após isso, a massa foi homogeneizada para que fosse quebrada a coalhada formada, seguindo-se a adição do pó de lichia liofilizado, cuja formulação continha 25% de maltodextrina.

3.9.1 Avaliação físico-química da bebida fermentada

A avaliação físico-química da bebida fermentada foi realizada seguindo os seguintes parâmetros: pH, umidade, sólidos totais, cinzas, proteínas, carboidratos totais,

lipídeos, ácido ascórbico e valor calórico, conforme descrito no item 3.2. A acidez em ácido láctico foi estipulada segundo as metodologias descritas por BRASIL (2006).

3.10 Caracterização reológica da bebida fermentada

A análise da reologia da bebida láctea integral bem como das adicionadas de diferentes concentrações (7, 9 e 11%) do pó de lichia liofilizada com 25% de maltodextrina, foi realizada utilizando-se um viscosímetro marca Brookfield (modelo RVT) em diferentes velocidades de rotação do equipamento (20, 40, 50, 60, 80, 100; 120, 140, 150, 160, 180 e 200 rpm), em triplicatas. Os valores de viscosidade aparente da polpa da lichia foram obtidos a 5 °C, tendo as tensões de cisalhamento e as taxas de deformação estabelecidas de acordo com o proposto por MITSCHKA (1982).

O ajuste das curvas de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação foi obtido com auxílio do programa Statistica, quando foram aplicados os modelos de Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk, Casson e Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), para o ajuste, descritos de acordo com as fórmulas dispostas no item 3.4 e Eqs. 3.3 a 3.6.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Caracterização física, química e físico-química da polpa da lichia

Os valores relativos à caracterização física, química e físico-química da polpa da lichia in natura estão expressos na Tabela 4.1.

Tabela 4.1. Resultados médios da caracterização física, química e físico-química da polpa da lichia

Parâmetro	valor médio
Umidade (%)	84,34±0,04
Sólidos totais (%)	15,66± 0,04
Atividade de água (aw)	0,978± 0,05
Sólidos solúveis totais (°Brix)	11,83 ±0,29
pH	4,10 ± 0,02
Acidez total titulável (% ácido cítrico)	0,395 ± 0,07
Ratio SST/ATT	29,94 ± 1,11
Lipídeos (%)	0,20 ± 0,01
Proteína bruta (%)	1,34 ± 0,03
Resíduo mineral fixo (%)	0,39 ± 0,02
Cálcio (mg/100 g)	10,36 ± 0,03
Ferro (mg/100 g)	0,54 ± 0,04
Fósforo (mg/100 g)	24,47 ± 0,04
Sódio (mg/100 g)	8,00 ± 0,02
Carboidratos totais (%)	13,73 ± 0,07
Valor calórico (Kcal/100g)	62,06 ± 0,15
Ácido ascórbico (mg/100 g)	9,42 ± 0,02
Luminosidade (L*)	63,86 ± 0,11
Intensidade do vermelho (+a*)	6,58 ± 0,08
Intensidade do amarelo (+b*)	17,52±0,44
Croma (C*)	18,71± 0,44
Ângulo de tonalidade (h*)	69,19 ±0,06

A polpa de lichia apresentou elevado teor de umidade, aproximando-se dos dados reportados por QUEIROZ et al.(2012) quando alcançaram uma média de 83,91%, bem como aqueles inferidos por WALL (2006), que indicaram uma variação entre 79,05 e 81,89%. Esse elevado teor de umidade está intimamente ligado à alta atividade de água observada, fatores que indubitavelmente concorrem para a rápida perecibilidade da fruta, uma vez ambos favorecem a proliferação de microorganismos, como bolores, leveduras e bactérias potencialmente patogênicas.

Os sólidos totais retratam o potencial nutricional e mineral da fruta e no presente estudo alcançaram um valor próximo aos 16,09%, explicitados por QUEIROZ et al. (2012). Em ambos os casos, atendeu-se ao que preceitua o padrão de identidade e qualidade de frutas (BRASIL, 2016), que estabelece um valor mínimo percentual de 11,70% de sólidos totais para essa fruta.

Conforme a Tabela 4.1, o teor de sólidos solúveis totais alcançados para a polpa in natura aproximou-se do valor preconizado por BRASIL (2016), que estabelece um valor de 11,20 °Brix, bem como dos dados obtidos por QUEIROZ et al. (2012), quando expressaram um valor médio de 12,42 °Brix. Por outro lado, esses valores distanciam-se daqueles verificados por outros autores como WALL (2006), MENZEL (2002), SOUSA et al. (2012) e CABRAL et al. (2014) que obtiveram valores de 19,93, 18,00 e 18,03 e 17,1 °Brix, respectivamente. Certamente, o tipo de cultivar, os fatores edafoclimáticos e o estágio de maturação podem elucidar essa variação, registrando-se valores com mais de 10 °Brix de diferença, conforme reportaram CHEN & LIU (2016) para lichias cultivadas na China (23,37 °Brix). Os sólidos solúveis totais fornecem um indicativo importante sobre a quantidade de açúcares presentes no fruto, embora estejam presentes em menores quantidades, outras substâncias como ácidos, pectinas, vitaminas e aminoácidos.

O pH é um parâmetro auxiliar para a avaliação da acidez titulável e esta é indicadora importante da apreciação do estado de conservação de um produto alimentício. No presente estudo, a média assemelha-se ao registrado por LIMA et al. (2010), que alcançou valores entre 4,0 e 4,7, bem como aos obtidos por QUEIROZ et al. (2012), que apontaram valores de pH em torno de 3,87. Contraopondo-se, WALL (2006) e SOUSA et al. (2012) indicaram valores de pH na ordem de 6,18 e 6,4. Excetuando-se o último dado, todos os demais encontram-se em conformidade com BRASIL (2016), que estabeleceu um valor mínimo de 6,29 para o pH.

Verifica-se ainda, na Tabela 4.1, que a acidez total titulável da polpa de lichia in natura, portanto condizente com o que estabelece BRASIL (2016), que fixou um valor mínimo de 0,20 para esse parâmetro. CABRAL et al. (2014) assinalaram um teor de 0,70 de acidez total titulável para lichias cultivadas em Ubá, MG. SHAFIQUE et al. (2015) analisaram a influência do local de colheita, da variedade e do estágio de maturação em lichias cultivadas no Paquistão e concluíram que essas variáveis são determinantes para o estabelecimento de parâmetros químicos e bioquímicos dessa fruta. Segundo esses autores, a acidez total titulável variou de 0,18 a 0,24, variando inclusive em relação ao tempo entre a colheita e a análise.

O ratio observado evidencia a elevada doçura da fruta e é considerado um importante parâmetro da qualidade, uma vez que o mesmo é decorrente do balanceamento entre os componentes de palatabilidade doce e ácida, além de corroborar a ampla aceitabilidade da lichia pelos consumidores. Resultados similares foram expressos por CABRAL et al. (2014), quando obtiveram um ratio de 24,42. Contudo, variedades cultivadas no Paquistão, na Índia e na China permitiram ratios variando de 23,68 a 47,38 (CHANG & LIN, 2006; HAJARE et al., 2010; SHAFIQUE et al., 2015).

A polpa da lichia in natura apresentou baixos teores de lipídeos e proteínas, em conformidade com os dados reportados na literatura, que registram percentuais inferiores a 1% de lipídeos e 1,2% de proteínas (MOTTA, 2009; CABRAL et al., 2014). Segundo QUEIROZ et al. (2012), a casca da lichia possui mais lipídeos e proteínas que a polpa, sendo esta mais rica que a semente. Por sua vez, GONDIN et al. (2005) avaliaram os teores de nutrientes em sete frutos tipicamente comercializados no Brasil (abacate, abacaxi, banana, mamão, maracujá, melão e tangerina) e constataram que apenas no maracujá a polpa é mais rica em lipídeos que a casca. MENZEL (2002) reportou um teor de proteínas de 1,1% para lichias cultivadas na Austrália e DENG et al. (2005) assinalaram um teor na ordem de 0,7% de proteínas para genótipos da China. Salienta-se que o USDA-ARS (2016) estabelece um teor de proteínas em torno de 0,83 e 0,44% para lipídios. Para todos os estudos, a consequência foi o baixo valor energético, visto que o teor de lipídeos e proteínas são determinantes para a estimativa desse parâmetro.

O resíduo mineral fixo (cinzas) estimado alcançou valor bem próximo a 0,37% mencionado por QUEIROZ et al. (2012) e 0,30% estipulado por CABRAL et al. (2014). Por sua vez, MOTTA (2009) assinalou um percentual com leve acréscimo na ordem de

0,48%. O resíduo mineral refere-se à porção inorgânica das frutas e desempenha relevante papel no organismo, pois está relacionado à atividade de diversas enzimas, ao equilíbrio ácido-base, ao controle da pressão arterial, bem como ao perfeito funcionamento neurológico e muscular (SHILS et al., 1994). Ademais, as frutas são as mais importantes fontes de minerais para a alimentação humana, embora a polpa contenha índices inferiores aos encontrados nas cascas (GONDIM et al., 2005).

Como parte constituinte das cinzas, quantificou-se em mg/100 g os teores de cálcio, ferro, fósforo e sódio, obtendo-se os valores dentro da faixa reportada pela literatura para lichias cultivadas no Brasil (MOTTA, 2009; CABRAL et al., 2014). Uma vez que a composição de minerais de uma fruta está intimamente ligada aos constituintes do solo, sendo influenciados também pela latitude e longitude (FORSTER et al., 2002), é sugestiva a ideia de análises sobre a estrutura e a adubação do solo onde são cultivadas lichias, para um detalhamento mais apropriado desses resultados, uma vez que, por exemplo, os solos havaianos podem incrementar os teores de alguns minerais como o ferro (WALL, 2006).

Os carboidratos totais (Tabela 4.1) alcançaram valores médios estipulados como segundo componente (m/m) mais abundante na polpa da lichia. Embora esse parâmetro tenha sido aquele que mais tenha concorrido para a determinação do valor energético, a lichia demonstrou-se uma fruta com poucas calorias, em decorrência do elevado teor de água e reduzida carga proteica e lipídica. Esses resultados estão próximos ou ligeiramente abaixo aos registrados por DENG et al. (2005) em frutos provenientes da China (CT = 15,00%) e MENZEL (2002) com cultivares australianos (CT = 18,00%). Comparando-se aos cultivares brasileiros, esses dados encontram-se mais próximos: CT=14,92%; VCT = 73,21 kcal/100 g para lichias cultivadas em Ouro Fino - MG (MOTTA, 2009), CT = 13,46%; VCT = 64,49 kcal/100 g para a região do município de Nepomuceno, MG (QUEIROZ et al., 2012) e CT = 15,3%; VCT = 70,2 kcal/100 g para frutos originários do município de Ubá – MG (CABRAL et al., 2014).

O conteúdo de ácido ascórbico demonstrou-se muito abaixo dos dados relatados na literatura. HOLCROFT & MITCHAM (1996), em estudos sobre qualidade físico-química de lichias americanas, apontaram um valor médio de 40 mg/100 g; MENZEL (2002), assinalou um teor de aproximadamente 49,00 mg/100 g para lichias australianas e WALL (2006), reportou um valor médio de 21,00 mg/100 g para lichias cultivadas no Havai. No que concerne aos cultivares brasileiros, estudos realizados por MOTTA

(2009), indicaram que o teor de ácido ascórbico decaiu de 39,95 mg/100 g (1 dia após a colheita) para 11,26 mg/100 g (45 dias após a colheita), mesmo estando a polpa congelada. Adicionalmente, essas constatações atendem aos resultados obtidos por MATIAS et al. (2012), em testes com lichias do cultivar “Bengal”, quando relataram que o teor de ácido ascórbico diminuiu ao longo do tempo em todos os tratamentos. Esta diminuição dos valores em função do tempo também foi observada por LIU et al. (2011) em cultivares chineses, onde as frutas submetidas a 10, 20 e 30 dias de armazenamento apresentaram um teor médio de 23,7, 20,7 e 14,9 mg/100 g.

CASTRO et al.(2015) estudaram a qualidade de polpas de frutas congeladas e constataram grande variedade no teor de ácido ascórbico, decorrentes do cultivar, do local e do manejo. De igual modo, HOFFMAN et al. (2017) assinalaram perdas no teor de ácido ascórbico de 48 para 32,3 mg/100 g para a polpa de butiá congelada ao longo de 12 meses. Adicionalmente, os autores afirmaram que esse ácido é o nutriente mais afetado pelo processamento de frutas e seu teor pode decair em consequência de interações com outras substâncias como a lumiflavina ou ácido ascórbico-oxidase.

Desse modo, o comportamento apresentado por esse parâmetro no presente estudo pode ter sido influenciado tanto pelos fatores edafoclimáticos quanto pela oxidação dessa vitamina, em decorrência do tempo transcorrido entre a colheita, aquisição e manipulação laboratorial. Para SHAFIQUE et al. (2015), a vitamina C é um ácido orgânico que tem decréscimo contínuo por oxidação, o que diminui com o seu tempo de prateleira.

De acordo com FENNEMA (2000), dentre os nutrientes presentes nas frutas, as vitaminas são os mais degradados em virtude do congelamento, principalmente o ácido ascórbico. Adicionalmente, pode-se mencionar que a lichia é uma boa fonte de vitamina C, quando consumida rapidamente, embora os teores sejam bastante variados, conforme a localidade e variedade, oscilando de 17 mg/100 g (HAJARE et al., 2010) até 47 mg/100 g (CHAIKHAM, et al. 2017).

A avaliação das coordenadas de cor, através dos valores L*, a* e b* assume relevante importância tanto para os frutos “in natura” quanto para os produtos pós-processamento, sendo determinantes na escolha do produto pelo consumidor (SEBASTIANY et al., 2009). No presente estudo, o valor mensurado para a polpa in natura permitiu determiná-la como clara, havendo inclusive predominância da coloração amarela sobre coloração vermelha. CHAIKHAM et al.(2017), quando avaliaram as

alterações da qualidade de lichias tailandesas em calda, submetidas a processamentos térmicos e de alta pressão, reportaram que a cor dessa polpa in natura exibiu um valor de luminosidade próximo a $L^* = 49$, portanto abaixo do indicado no presente estudo, bem como os índices de amarelo (0,24) e vermelho (2,2). Adicionalmente, esses autores relataram que o tratamento com alta pressão garante melhor preservação da cor natural da polpa do que a pasteurização.

O croma (C^*), que define a intensidade e a pureza de uma cor, varia de 0 a 60, sendo que cores próximas a 0 são classificadas como impuras e próximas a 60, como sendo cores puras. No presente estudo, a polpa de lichia integral exibiu um valor próximo ao extraído dos dados fornecidos por SOUSA et al. (2015b) para polpa de atemoia ($C^* = 15,29$), evidenciando a natureza clara de ambas. Do mesmo modo, SONG et al. (2015) relataram valores de intensidade do vermelho e do amarelo na ordem de 9,8 e 16,8 respectivamente, o que permitiu calcular um valor de aproximadamente $C^* = 19,44$ para polpas de lichias cultivadas na China. Por sua vez, o cálculo do ângulo *hue* ou ângulo de tonalidade exibiu valores que se situaram acima dos dados calculados para atemoia ($h = 65,09$) (SOUSA et al., 2015b) e lichias chinesas ($h = 59,74$) (SONG et al., 2015).

4.2 Caracterização física, química e físico-química da polpa da lichia formulada.

Na Tabela 4.2, encontram-se os resultados médios das caracterizações física, química e físico-química da polpa de lichia acrescida de maltodextrina.

Tabela 4.2 Valores médios dos parâmetros da caracterização física, química e físico-química das polpas de lichia com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE.

Parâmetro	Concentração de maltodextrina 20 DE (%)				ANOVA (DIC)	
	0	15	20	25	DMS	CV (%)
Umidade (%)	84,34a	73,85b	70,826c	68,45d	0,393	0,20
Sólidos Totais (%)	15,66d	26,15c	29,17b	31,55 ^a	0,393	0,59
Atividade de água (aw)	0,978c	0,982bc	0,984ab	0,988 ^a	0,003	0,15
SST (°Brix)	11,83d	19,30c	24,30b	29,37 ^a	0,732	1,32
pH	4,10c	4,15b	4,21a	4,25 ^a	0,050	0,46
ATT (%)	0,395a	0,284b	0,262c	0,251c	0,016	2,17
Ratio SST/ATT	29,94d	68,01c	92,76b	116,84 ^a	4,990	2,48
Lipídeos (%)	0,20c	0,34b	0,43ab	0,50 ^a	0,090	9,38
Proteína (%)	1,34a	1,18b	1,00c	0,93c	0,083	2,86
Cinzas (%)	0,73a	0,71 ^a	0,69a	0,39b	0,091	5,55
Ca (mg/100 g)	10,36b	8,83c	11,14a	7,37d	0,084	0,34
Fe (mg/100 g)	0,54b	0,53b	0,63a	0,49b	0,075	5,23
P (mg/100 g)	24,47b	17,33d	20,09c	27,20 ^a	0,089	0,15
Na (mg/100 g)	8,00c	6,19d	11,08b	13,30 ^a	0,053	0,21
Carboidratos (%)	13,73d	24,15c	27,00b	29,17a	0,323	0,53
VCT (Kcal/100g)	62,06d	103,48c	115,92b	129,26a	8,543	3,18
Vit C (mg/100 g)	9,42a	9,07b	8,43c	8,37c	0,080	0,43
Luminosidade (L*)	63,86d	65,47c	68,59b	71,22a	0,480	0,27
Int. vermelho. (+a*)	6,58a	6,12b	6,06bc	5,96c	0,127	0,79
Int. amarelo (+b*)	17,52b	17,21b	17,42b	18,24a	0,584	1,27
Croma (C*)	18,71ab	19,24a	18,24b	18,41b	0,585	1,20
Ângulo tonalidade (h*)	69,38c	70,58b	71,45a	71,11a	0,376	0,20

DMS -Diferença mínima significativa para as linhas; CV - Ccoeficiente de variação para as linhas; Médias seguidas pelas mesmas letras na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

O parâmetro umidade apresentou uma correlação inversa, uma vez que o aumento da concentração do aditivo promoveu uma diminuição do teor de água das amostras. Salienta-se que esse comportamento já era esperado, pois o acréscimo da maltodextrina eleva o teor de sólidos das amostras e, conseqüentemente, reduz a respectiva quantidade de água da amostra, corroborando os estudos de DIÓGENES et al.(2015) quando avaliaram o acréscimo desse aditivo em formulações de manga ‘Haden’. Adicionalmente, SANTOS (2016) registrou uma variação de 89,77 a 71,38%

de umidade entre a polpa de umbu-cajá in natura e formulada a 30% de maltodextrina, não havendo diferenças significativas entre o acréscimo desse aditivo ou da goma arábica.

Os valores médios da atividade de água registrados evidenciaram uma diferença significativa entre a polpa in natura e a formulada a 25% de maltodextrina, não havendo diferenças entre a primeira e a adicionada de 15% desse aditivo, bem como entre a última e a adicionada de 20%. FEITOSA et al.(2017) observaram comportamento similar, quando avaliaram a influência do incremento de maltodextrina.

Embora trabalhos similares tenham reportado um acréscimo não significativo na atividade de água com o uso de maltodextrina (SANTOS, 2016), enfatiza-se que para todos os casos, a atividade de água exibiu um valor próximo a 0,98, condição favorável a proliferação e degradação por microorganismos. Desse modo, sugere-se a rápida manipulação e congelamento do material, atrelado ao que preceituam as boas práticas de higiene.

Observam-se na Tabela 4.2 os valores médios obtidos para o teor de sólidos solúveis totais para as polpas de lichia formuladas. De acordo com a análise de variância, houve diferenças significativas diretamente relacionadas ao acréscimo da maltodextrina, independentemente da concentração aplicada. Ademais, quando a polpa foi adicionada de 25% desse aditivo, exibiu um valor superior ao da polpa in natura. Em geral, as maltodextrinas são solúveis em água, possuem baixa densidade, não apresentam sabor adocicado nem sabor de amido e em decorrência destas propriedades, são amplamente utilizadas nas indústrias de alimentos (COUTINHO, 2007). Essa solubilidade permite a elevação dos teores dos sólidos solúveis pela presença da água da própria fruta (SANTOS, 2016)

A adição da maltodextrina garantiu diferenças significativas para as formulações, a partir de 15%, em detrimento a polpa in natura. Entretanto, não houve diferenças entre as formulações a 20 ou 25%, estando elas significativamente diferentes das demais, conforme a Tabela 4.2. Como todos os valores situaram-se abaixo de 4,5, pode-se afirmar que a polpa de lichia e suas respectivas formulações são de difícil ataque microbiano (QUEIROZ et al., 2012). Esse resultado encontra supedâneo em outros trabalhos, a exemplo de SOUSA et al. (2015b), quando registraram variação entre 4,59 para polpa in natura de atemoia e 4,83 para polpa formulada a 25% de maltodextrina 10DE. Complementarmente, SANTOS (2016) demonstrou que o pH sofreu

um acréscimo, oscilando de 2,52 a 2,61 para a polpa de umbu-cajá integral e formulada a 30% de maltodextrina 20 DE.

A acidez total titulável apresentou um comportamento inverso ao do pH, conforme se observa na Tabela 4.2. Ou seja, o aumento nas concentrações do aditivo acarretou uma diminuição nesse parâmetro quando o mesmo decaiu de 0,395 para a polpa integral até 0,251 para a polpa formulada, portanto uma diferença de aproximadamente 36,45%, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre a formulação com 20 e 25%. Certamente essa queda decorre da diluição dos ácidos orgânicos da lichia no aditivo que possui baixa acidez. SOUSA et al.(2015) assinalaram uma variação superior a 111,8% entre a polpa in natura e a formulação adicionada de 25% de maltodextrina 10 DE. Comportamento similar também reportado por DIÓGENES et al.(2015) quando estudaram a polpa da manga 'Haden' e constataram um decréscimo de ATT de aproximadamente 25% entre a polpa integral e formulada a 30% de maltodextrina.

O ratio ou relação SST/ATT, exibiu valores crescentes em decorrência do incremento do SST e redução da ATT, estando todos os valores das formulações estatisticamente distintos entre si, segundo a análise de variância. SANTOS et al. (2014) apontaram que o ratio é um parâmetro adicional às análises sensoriais, uma vez que promove um balanço entre os sólidos em solução e a acidez, sendo, portanto mais um indicativo da doçura e consequente aceitação do produto. OLIVEIRA et al. (2006), compararam as polpas de pitanga integral, formulada e em pó e assinalaram o mesmo desempenho entre a polpa integral (ratio = 3,13) e formulada (ratio = 10,08), corroborando também os resultados obtidos por SOUSA et al. (2015b), quando registraram para polpa integral de atemoia um ratio de 72,51 e 174,46 para a formulação adicionada de 25% de maltodextrina 10 DE.

Verifica-se na Tabela 4.2 que o teor de lipídeos sofreu um acréscimo, variando de 0,20 (polpa integral) a 0,50 (polpa adicionada de 25% de maltodextrina), um aumento de aproximadamente 150% em detrimento do produto in natura. Esse desempenho é discordante dos resultados apontados por CEBALLOS et al. (2012), quando analisaram a polpa da graviola integral e formulada a 18% de maltodextrina, exibindo uma diminuição de 0,99 a 0,90%, respectivamente. Salienta-se que o padrão de identidade e qualidade para polpa de lichias no Brasil não estabelece um valor de

referência para lipídios. De todo modo, a carga lipídica apresentou-se próximo 0,44%, valor preconizado pelo USDA-ARS (2016).

A análise da influência da adição de maltodextrina sobre o teor proteico da polpa da lichia, demonstrou que o aditivo promoveu uma queda estatisticamente significativa, oscilando de 1,34% para a polpa in natura a 0,93% para a formulada com 25% de maltodextrina. Outrossim, não há diferenças significativas entre a formulação a 20% daquela a 25%, corroborando os resultados obtidos por CEBALLOS et al. (2012) quando compararam os teores proteicos de graviola integral (0,75%) e formulada com 18% de maltodextrina (0,58%). Adicionalmente, SOUSA et al. (2015b), reportaram comportamento similar para a carga proteica da polpa de atemoia integral (1,36%) e formulada a 25% de maltodextrina (0,43%). Resultados também condizentes com os apresentados por OLIVEIRA et al. (2006), quando estabeleceram a queda entre 0,56% de proteína para polpa de pitanga integral e 0,12% para polpa formulada com 15% de maltodextrina e 30% de água destilada (p/p).

O resíduo mineral fixo estabelecido no presente trabalho demonstrou que o aditivo promoveu um decréscimo estatisticamente significativo apenas para a amostra adicionada de 25% da maltodextrina, não havendo diferenças entre as demais formulações, conforme registra-se na Tabela 4.2. Esses resultados foram similares aos de OLIVEIRA et al. (2006), quando apresentaram uma queda de 0,22% para 0,16% em polpas de pitanga integral e formulada, respectivamente. Por outro lado, essa queda pode ser explicada pela adição de 30% de água destilada à polpa da pitanga. Essa mesma explicação pode ser creditada às divergências reportadas por FEITOSA et al. (2017), quando reportaram o decréscimo de 0,85% para 0,31% para a formulação acrescida de polpa de murta, água destilada e 30% de maltodextrina (1:1 + 30% de maltodextrina 14 DE).

Para os teores dos sais minerais: cálcio, ferro, fósforo e sódio, o comportamento apresentado não seguiu um gradiente de ganho ou perda nítidos, embora a estatística demonstre diferenças significativas, apenas em torno de 1% pelo teste de Tukey, entre a maioria das formulações. Diversos autores discordam dos valores exibidos para lichias (HOLCROFT & MITCHAM, 1996; CHENG et al., 2002; WALL, 2006) mas são unânimes em creditar tais discrepâncias aos fatores edafoclimáticos. Ressalta-se que dados sobre influência do incremento de adjuvantes sobre o teor de minerais em polpas de frutas são incipientes. De toda forma, os dados aqui alcançados se encontram na

faixa preconizada pelo USDA-ARS (2016), que estabeleceu uma concentração mínima desses minerais (Ca = 5mg; Fe = 0,31 mg; P = 31 mg e Na = 1 mg).

O parâmetro carboidratos apresentou um comportamento diretamente proporcional ao acréscimo da maltodextrina, variando de 13,73% (polpa integral) a 29,17% (formulação a 25% de maltodextrina) e inverso ao teor de umidade, haja vista que a diminuição da quantidade de água concorre para a concentração dos sólidos totais e, sendo esse aditivo um tipo de carboidrato, indubitavelmente é sua presença que reflete nesse comportamento. Esses resultados são respaldados por SANTOS (2016), quando reportou que a adição de 30% de maltodextrina em formulações de umbu-cajá garantiu um aporte superior a 30% na quantidade de carboidratos.

A adição da maltodextrina concorreu positivamente para o incremento do valor calórico total (VCT), conforme verifica-se na Tabela 4.2. Uma vez que esse adjuvante é classificado como um polissacarídeo, era esperado que, à medida que sua concentração fosse aumentada, refletiria também na carga energética. A diferença entre a polpa integral e a formulada a 25% de aditivo, superou em mais de 108%. Esse mesmo desempenho foi assinalado por SANTOS (2016), quando comparou a adição de maltodextrina à polpa de umbu-cajá, constatando um acréscimo de mais de 34% entre a polpa integral e a acrescida de 30% do mesmo aditivo.

Por outro lado, o desempenho do ácido ascórbico demonstrou-se gradual e negativamente relacionado ao aporte do aditivo, decaindo de 9,42 para 8,37 mg/100 g. Ou seja, uma perda de aproximadamente 11,14% no teor desse parâmetro. Resultados similares foram evidenciados por OLIVEIRA et al.(2006) para polpas integrais de pitanga e formuladas a 15% de maltodextrina (13,42 mg/100 g e 10,75 mg/100 g, respectivamente), bem como por SOUSA et al. (2015b) com o decréscimo de 1,04 mg/100 g (polpa integral de atemoia) para 0,62 mg/100 g (formulação adicionada de 25% de maltodextrina). Por sua vez, KRUMREICH et al.(2016) estipularam uma perda de quase 38% no teor de ácido ascórbico entre a polpa integral de uvaia adicionada de 10% de maltodextrina.

Observam-se na Tabela 4.2 os valores obtidos para a luminosidade (L^*) das polpas de lichia formuladas com diferentes concentrações de maltodextrina. O incremento do aditivo promoveu significativa alteração desse parâmetro, tornando as amostras gradualmente mais claras e distintas entre si, variando de 63,86 (polpa integral) a 71,22 (formulação adicionada de 25% de maltodextrina), portanto um acréscimo de

aproximadamente 11,52%, corroborando os resultados de SOUSA et al. (2015b), quando, ao caracterizar polpa integral de atemoia ($L^* = 42,29$) e adicionada de 25% de maltodextrina ($L^* = 62,92$), assinalaram um acréscimo na ordem de 32,78%. Sendo o aditivo um material de cor branca, certamente esse comportamento similar decorre da coloração natural clara e translúcida de ambas as polpas. Adicionalmente, GALDINO (2011), reportou que a adição de maltodextrina em polpas de figo da índia elevou gradual e significativamente não apenas a luminosidade (polpa integral: $L^* = 17,26$; formulação com 35% de maltodextrina: $L^* = 29,96$) como também os outros parâmetros de cor, como intensidade do vermelho ($+a^*$) e do amarelo ($+b^*$).

A análise da intensidade do vermelho ($+a^*$) registrada em seus valores médios na Tabela 4.2 evidenciou uma diminuição significativa desse parâmetro entre a polpa integral ($+a^* = 6,58$) e as demais formulações. Contudo, não se verificaram diferenças significativas entre a formulação adicionada de 20% ($+a^* = 6,06$) e a acrescida de 25% ($+a^* = 5,96$). Esse desempenho se aproxima dos resultados apontados por DIOGENES et al. (2015) quando caracterizaram a polpa de manga ‘Haden’ (polpa integral: $+a^* = 10,29$; formulação a 30% de maltodextrina: $+a^* = 7,24$). Adicionalmente, SOUSA et al. (2015b) relataram queda desse fator ao caracterizar a polpa integral de atemoia (integral: $+a^* = 6,44$; formulada a 25% de maltodextrina: $+a^* = 5,32$).

A maltodextrina não foi capaz de alterar estatisticamente o fator intensidade do amarelo ($+b^*$) entre as amostras integral e formuladas a 15% e 20%, conforme relatado na Tabela 4.2, havendo apenas diferença entre essas médias e a obtida para a formulação a 25% desse aditivo. Formulações contendo 25% desse adjuvante foram capazes de incrementar esse parâmetro em aproximadamente 16,84% para polpas de atemoia, quando comparadas a polpa “in natura” (SOUSA et al., 2015b). Para o figo-da-índia, GALDINO (2011) ressaltou uma correlação positiva entre a adição de maltodextrina (25%, 30% e 35%) e esse parâmetro ($+b^* = 32,91$; 35,45; 38,79, respectivamente).

Os valores médios obtidos para o croma (C^*) evidenciaram que a adição da maltodextrina não diferiu estatisticamente a nível de 1% do teste de Tukey para as amostras in natura ($C^* = 18,71$) e para as demais formulações ($C^* = 19,24$; 18,24; 18,41, respectivamente). Esses resultados divergem de outros autores, como KRUMREICH et al. (2016), quando relataram que a adição de 10% maltodextrina à polpa de uvaia, aumentou significativamente o valor do Chroma ($C^* = 58,76$) em relação ao

controle ($C^* = 51,86$). Por sua vez, SANTOS (2016), assinalou sensível queda desse parâmetro para formulações de 10, 20 e 30% desse aditivo à polpa de umbu-cajá. ($C^* = 45,81$; 44,85; 44,33, respectivamente). Percebe-se, no entanto, que os valores de croma comparados se encontram muito acima dos obtidos nesse estudo. Segundo CANUTO et al. (2010), valores menores indicam maior opacidade das amostras, e os maiores, tonalidades mais intensas, o que corrobora com a coloração da polpa de lichia.

A determinação do ângulo *hue* ou ângulo de tonalidade entre as diferentes formulações, demonstrou um decréscimo de valores médios entre as formulações isentas, ($h^* = 69,38$) adicionadas de 15% ($h^* = 70,58$) e as constituídas de 20% ($h^* = 71,45$) e 25% do adjuvante ($h^* = 71,11$), não havendo diferenças significativas a nível de 1% pelo Teste de Tukey entre as duas últimas, conforme se observa na Tabela 4.2. Por outro lado, comparando-se aos valores fornecidos por SOUSA et al. (2015b) para polpa integral ($h^* = 65,09$) de atemoia e formulada de 25% maltodextrina ($h^* = 72,31$), verifica-se que houve um acréscimo do parâmetro, indicando que para aquela fruta o adjuvante tende a acentuar tons amarelados.

4.3 Reologia da polpa de lichia e das formulações adicionadas de maltodextrina

Estão descritos na Tabela 4.3, os valores médios das viscosidades aparentes, tensão de cisalhamento e taxa de deformação para a polpa de lichia integral e formuladas a 15, 20 e 25% de maltodextrina 20 DE, determinados na temperatura de 25 °C, em diferentes velocidades de rotação.

Embora o aditivo, Tabela 4.3, tenha alterado significativamente a viscosidade aparente das amostras para todas as velocidades de rotação, como previsto, o comportamento observado é típico de polpa de frutas, ou seja, um fluido não-newtoniano com comportamento pseudoplástico, caracterizado pela diminuição da viscosidade aparente (mPa.s) em função do aumento da velocidade de rotação (rpm). Esses resultados são compatíveis com os reportados por MOURA et al. (2016), que investigaram aspectos reológicos de amostras comerciais de produtos à base de frutas, evidenciando o caráter pseudoplástico das mesmas.

Tabela 4.3. Viscosidade aparente (mPa s) da lichia integral em função da velocidade de rotação (rpm) e diferentes concentrações de maltodextrina

	Concentração da maltodextrina			
	Integral	15%	20%	25%
20	1026,66 aD	1750,00 aC	2883,33 aB	4350,00 aA
40	626,66 bD	1127,33 bC	1762,66 bB	2687,33 bA
50	510,00 bcD	926,66 cC	1506,66 cB	2316,66 cA
60	494,33 bcD	766,33 cdC	1325,33 cB	2047,00 dA
80	405,00 cdD	616,33deC	1112,66 dB	1710,66 eA
100	354,00 cdeD	558,33 efC	950,00 deB	1476,66 fA
120	298,50 deD	477,66 efgC	847,00 efB	1324,66 fgA
140	279,00 deD	464,00 efgC	787,66 efgB	1201,33 ghA
150	265,33 deD	428,66 efgC	745,33 fgB	1155,66 ghA
160	240,66 deD	408,66 fgC	707,66 fgB	1109,66 hiA
180	220,00 deD	382,66 fgC	660,66 fgB	1016,33 hiA
200	186,66 eD	351,33 gC	616,33 gB	950,33 iA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Observa-se que a velocidade de rotação influencia na redução da viscosidade aparente, principalmente em velocidades mais baixas; para a amostra integral, a redução da viscosidade total, entre as velocidades de 20 e 200 rpm foi de 81,81%, sendo que 38,96% fora registrado apenas entre a velocidade de rotação inicial (rpm = 20) e a velocidade seguinte (rpm = 40). Para a mesma temperatura, FEITOSA et al. (2015) reportaram um decréscimo da viscosidade aparente de aproximadamente 86% entre a velocidade de 20 e 200 rpm, sendo 29% assinalado entre as duas primeiras velocidades de rotação (20 e 40 rpm), para a polpa de murta.

No presente trabalho, as amostras isentas de aditivos exibiram menor viscosidade, frente às diferentes concentrações do adjuvante, o que facilita o seu escoamento. Segundo FERNANDES et al. (2008), o comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração da maltodextrina (0; 2,5; 5 e 7,5%), exibiu um acréscimo da viscosidade aparente das amostras, embora não tenha sido alterado o seu comportamento pseudoplástico. No mesmo sentido, MORAES et al. (2011) estudaram o comportamento reológico da polpa de maracujá adicionado de gomas xantana e guar,

assinando elevação da viscosidade em função da concentração desses aditivos (0,3; 0,7 e 1,0%).

Os parâmetros reológicos dos modelos de Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência), Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Casson, ajustados aos dados experimentais da curva de tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação das formulações da polpa de lichia integral e adicionada de maltodextrina, para a temperatura de 25 °C estão listados na Tabela 4.4.

Tabela 4.4. Parâmetros, coeficiente de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas da polpa de lichia integral e adicionada de maltodextrina em diferentes concentrações de maltodextrina, submetida à temperatura de 25°C

Modelos	Tratamento	Parâmetros			R^2	P (%)
		K	n			
Ostwald-de-Waelle (Lei da Potência)	Polpa integral	3,5174	0,2942		0,8462	6,61
	Polpa com 15% Malt.	5,5602	0,3103		0,9777	2,50
	Polpa com 20% Malt.	8,3494	0,3502		0,9977	0,96
	Polpa com 25% Malt.	12,6905	0,3550		0,9979	0,95
Herschel-Bulkley	Tratamento	τ_{0H}	K_H	n_H	R^2	P (%)
	Polpa integral	-25,3986	27,0953	0,0756	0,8624	5,71
	Polpa com 15% Malt.	4,2997	2,5576	0,4436	0,9795	2,18
	Polpa com 20% Malt.	5,7662	4,5254	0,4587	0,9988	0,65
	Polpa com 25% Malt.	2,1876	11,1714	0,3763	0,9980	0,90
Mizrahi-Berk	Tratamento	K_{OM}	K_M	n_M	R^2	P (%)
	Polpa integral	-1,2658	3,0249	0,1072	0,8619	3,26
	Polpa com 15% Malt.	1,8917	0,7281	0,3097	0,9801	1,10
	Polpa com 20% Malt.	2,0386	1,1574	0,2975	0,9989	0,32
	Polpa com 25% Malt.	1,2329	2,4775	0,2221	0,9982	0,41
Casson	Tratamento	K_{OC}	K_C		R^2	P (%)
	Polpa integral	3,4760	1,0937		0,8241	7,44
	Polpa com 15% Malt.	2,5981	0,2484		0,9766	1,21
	Polpa com 20% Malt.	3,1895	0,3652		0,9949	0,70
	Polpa com 25% Malt.	3,9188	0,4620		0,9904	0,89

Em que: τ -Tensão de cisalhamento (Pa); τ_0 , K_{OC} – Tensão de cisalhamento inicial (Pa); K, K_H , K_M – Índice de consistência (Pa.sⁿ); K_C – Viscosidade plástica de Casson (Pa.s); n, n_H , n_M – Índice de comportamento do fluido (adimensional); K_{OM} - Raiz quadrada da tensão inicial (Pa).

Percebe-se que, de acordo com o coeficiente de determinação na Tabela 4.4, os modelos de Herschel-Bulkley e Mizrahi-Berk exibiram os maiores valores, considerados ideais. Entretanto, a observância do desvio percentual médio permite considerar o modelo de Mizrahi-Berk como o de melhor ajuste, tendo em vista seu menor índice de P, para todas as formulações. Ademais, a observância dos índices de comportamento do fluxo (n , n_H e n_M), para as formulações exibiram valores menores que 1, o que ratifica o caráter não newtoniano de comportamento pseudoplástico, ou seja, a viscosidade aparente decaiu à medida em que houve o aumento da tensão de cisalhamento, independentemente do tempo. Resultados similares foram relatados por FERNANDES et al. (2008), para polpas de umbu-cajá integral e formulada com diferentes concentrações de maltodextrina (2,5; 5 e 7,5%). De igual modo, para outras polpas de frutas, submetidas a alterações de concentrações e/ou temperaturas, como: cupuaçu (FERREIRA et al., 2008); umê (QUAST et al., 2013); murta (FEITOSA et al., 2015); manga cv handen (SILVA FILHO et al. 2015) e noni (SOUSA et al., 2017).

O índice de consistência (K , K_H e K_M) indica o grau de resistência do fluido ao escoamento, ou seja, quanto maior o seu valor mais viscoso será o fluido (MACHADO, 2002). Observou-se que, para os quatro modelos aplicados, os valores desse índice se mostraram relativamente baixos quando comparados à literatura, constatando-se que se trata de um fluido de baixa resistência ao escoamento, embora a adição gradual da maltodextrina e consequente elevação do teor de sólidos solúveis totais tenha exibido moderada elevação para o modelo de Ostwald-de-Waele, corroborando os estudos sobre a reologia da polpa de pequi em diferentes concentrações de sólidos, desenvolvidos por SOUSA et al. (2014), que relataram elevação desse parâmetro de 86,85 Pasⁿ para a amostra concentrada a 6 °Brix, até 217,30 Pasⁿ para a amostra contendo 12°Brix. O índice de consistência também revelou-se reduzido para a polpa integral de noni, quando aplicados os mesmos modelos, para mesma temperatura, conforme reportado por SOUSA et al. (2017). Segundo esses autores, para a temperatura de 25 °C, o modelo de Mizrahi-Berk, obteve valores de $K_{OM}1,1492$ Pa e $K_M0,1918$ (Pa.s)ⁿ. Por outro lado, SILVA FILHO et al. (2015), em estudos sobre a reologia da polpa integral de manga cv. Haden demonstraram índices de consistência elevados: para os mesmos modelos e temperatura, os valores de consistência variaram de 34,124 (Mizrahi-Berk), 3245,9 (Herschel-Bulkley) a 6182,4 (Ostwald-de-Waele). Esses resultados denotam fundamental importância para a indústria alimentícia, uma

vez que permitem melhores estudos sobre eventuais dimensionamentos de tubulações e bombas.

Conforme pode ser observado na Figura 4.1, que retrata a tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação da polpa de lichia integral e adicionada de 15, 20 e 25% de maltodextrina 20 DE, com ajuste do modelo de Mizrahi-Berk, que a adição do adjuvante promoveu uma gradual elevação na tensão de cisalhamento em função do gradiente de concentração do adjuvante, enfatizando assim a importância da determinação dos parâmetros reológicos dos fluidos de matriz agrícola, quando estes são incorporados de carreadores, uma vez que esse conhecimento é fundamental para o dimensionamento da maquinaria da indústria alimentícia.

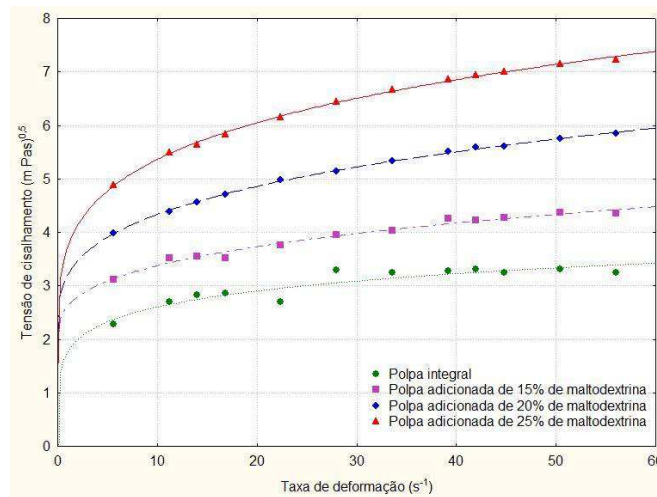


Figura 4.1. Tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação da polpa de lichia integral e adicionada de 15, 20 e 25% de maltodextrina 20 DE, com ajuste do modelo de Mizrahi-Berk.

4.4. Caracterização física, química e físico-química da polpa da lichia em pó

Registram-se na Tabela 4.5 as análises de variância dos dados oriundos da caracterização física, química e físico-química da polpa de lichia liofilizada em diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE. Nela verifica-se que a maioria dos parâmetros analisados expressou diferenças estatisticamente significativas pelo teste de Tukey, seja a 5 ou 1% de significância, para a comparação do efeito do incremento do aditivo. Como esperado, a concentração do aditivo teve efeito inversamente proporcional a umidade, variando de 8,24% (pó com concentração de 15% de

maltodextrina) a 5,7% (pó com concentração a 25% de maltodextrina), portanto um decréscimo de aproximadamente 30,82% no teor de água, embora a estatística não tenha registrado discrepâncias entre a amostra com valor médio do aditivo e seus respectivos extremos. Para os pós obtidos pela liofilização de polpa de uvaia, KRUMREICH et al. (2016) constataram que o aditivo concentrado a 10%, promoveu um decréscimo de 29,27% (polpa integral) para 6,03% (polpa formulada). Nesse estudo, as polpas e as formulações de uvaia foram previamente congeladas em ultrafreezer a uma temperatura de -76°C, o que certamente interferiu positivamente no processo de liofilização, haja vista que temperaturas mais baixas permitem maior eficácia do processo de secagem (VIEIRA et al., 2012).

BARROSO et al. (2017) reportaram que a maltodextrina foi capaz de interferir no teor de água na polpa de mangaba liofilizada, atingindo valores gradualmente menores para esse parâmetro (11,44; 4,80; 2,11 e 1,22%), conforme se elevava a concentração de maltodextrina 20 DE (0, 10, 20 e 30%), nas mesmas condições de congelamento, ou seja, - 18°C. Por outro lado, os dados obtidos no presente estudo encontram conformidade pela ANVISA (2005), que arbitrou um percentual máximo de 25% para produtos ou derivados de frutos secos.

Como os valores dos sólidos totais decorrem da diferença entre a umidade e o total percentual, o comportamento observado para esse fator oscilou de 91,75 a 94,35% (polpa adicionada de 15 e 25% de maltodextrina, respectivamente). Estudos sobre a quantidade de sólidos totais presentes na polpa de cajá, foram impulsionados de aproximadamente 10% (polpa liofilizada integral) para cerca de 63% (ao se acrescentar 17% de maltodextrina à polpa (OLIVEIRA et al., 2014). Complementarmente, SANTOS (2016) assinalou um acréscimo no teor de sólidos totais para o pó liofilizado de umbu-cajá de aproximadamente 12,57% entre a polpa integral liofilizada daquela adicionada de 30% do mesmo aditivo.

Tabela 4.5 Valores médios dos parâmetros da caracterização química, física e físico-química dos pós de lichia liofilizados, com diferentes concentrações de maltodextrina 20 DE.

Parâmetro	Concentração de maltodextrina 20 DE (%)			ANOVA (DIC)	
	15	20	25	DMS	CV (%)
Umidade (%)	8,24a	7,20ab	5,64b	1,536	8,70
Sólidos Totais (%)	91,75b	92,79ab	94,35a	1,536	0,66
Atividade de água (aw)	0,289 a	0,276b	0,268c	0,003	0,50
SST (°Brix)	82,49c	84,58b	87,33a	0,516	0,24
pH	4,79b	4,87a	4,56c	0,068	0,57
ATT (%)	0,88a	0,86a	0,86a	0,074	3,44
Ratio SST/ATT	92,79b	97,64ab	99,85a	8,568	3,50
Lipídeos (%)	0,93b	0,93b	1,00a	0,048	2,04
Proteína (%)	3,17a	2,49b	2,47c	0,018	0,27
Cinzas (%)	1,36a	1,32a	1,06b	0,183	9,77
K mg/100g	108,63a	96,72b	71,53c	1,750	0,76
Mg mg/100g	14,45a	11,66a	6,46b	3,515	12,95
Ca mg/100g	12,75a	11,81a	8,45b	2,894	10,49
P mg/100g	10,32a	6,81b	5,2c	0,638	3,42
S mg/100g	1,56a	1,21b	1,27b	0,258	7,64
Fe mg/100g	1,32a	0,71b	0,49b	0,405	19,18
Rb mg/100g	0,32a	0,28a	0,18b	0,085	13,09
Zn mg/100g	1,09a	0,27b	0,18b	0,168	13,08
Cu mg/100g	0,20b	0,29a	0,14c	0,038	7,09
Sr mg/100g	0,18a	0,04b	0,03b	0,110	12,71
Mn mg/100g	0,25a	0,15b	0,12c	0,030	6,85
Carboidratos (%)	84,98c	87,92b	90,13a	0,359	0,16
Açúcares totais (%)	50,33a	48,70a	48,17a	2,527	2,06
Açúcares redutores (%)	49,60a	47,01b	45,97b	2,396	2,01
Açúcares não-redutores(%)	0,69b	1,60ab	2,08a	0,950	25,99
VCT (Kcal/100g)	361,02c	370,59b	379,44a	1,723	0,19
Vit C (mg/100 g)	43,19a	29,40b	12,91c	7,463	9,36
Luminosidade (L*)	70,40c	80,65b	82,31a	1,286	0,66
Int. vermelho (+a*)	6,20a	4,20b	3,38c	0,659	5,28
Int. amarelo (+b*)	18,90a	16,04b	15,46b	1,801	4,22
Croma (C*)	19,89a	16,59b	15,82b	1,569	3,52
Ângulo tonalidade (h*)	71,82a	75,24a	77,64a	3,641	1,97
Diferença total de cor (ΔE^*)	6,71b	17,04a	18,35a	1,489	4,23
Molhabilidade (mg/s)	0,73b	0,81b	1,00a	0,169	7,94
Solubilidade (%)	92,502c	93,505b	94,257a	0,199	0,11
Higroscopicidade (%)	22,40a	18,44b	16,54c	0,868	1,81
Densidade aparente (g/cm ³)	0,502a	0,470a	0,419b	0,035	3,03
Dens. compactada (g/cm ³)	0,942a	0,609b	0,467c	0,678	4,02
Densidade real (g/cm ³)	1,546a	1,468a	1,041b	0,204	6,04
Fator Hausner	1,875a	1,296b	1,114c	0,059	1,66
Índice de compressibilidade	0,467a	0,228b	0,102c	0,026	4,01

DMS - Diferença mínima significativa para as linhas; CV- Coeficiente de variação para as linhas; Médias seguidas pelas mesmas letras na linha, não diferem estatisticamente a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A atividade de água figura como um dos mais importantes parâmetros para a determinação da escolha do produto advindo de uma secagem, por ser este um parâmetro que indica que, quanto mais próximo de zero, menor é a susceptibilidade desse pó em ser atacado por agentes contaminantes, uma vez que esse fator determina a quantidade de água disponível para realização de alterações moleculares e assim a promoção do crescimento microbiano no produto (ZAMBRANO et al., 2005).

No presente estudo, a atividade de água decaiu de 0,289 (pó adicionado de 15% de maltodextrina) para 0,268 (pó adicionado de 25% de maltodextrina), portanto exprimindo um decréscimo de aproximadamente 7,84%. Esse desempenho coaduna-se com os dados de OLIVEIRA et al.(2015b), quando relataram a atividade de água em polpa integral de guavira liofilizada, assinalando um $a_w = 0,486$ e para a amostra liofilizada acrescida 24% de maltodextrina um $a_w = 0,356$. Resultados ainda mais eficientes, embora com o mesmo comportamento de redução da atividade de água em função do acréscimo do adjuvante, foram reportados por BARROSO et al. (2017), que assinalaram progressivas e significativas reduções desse parâmetro para polpas de mangaba liofilizadas adicionadas de 10, 20 e 30%de maltodextrina ($a_w= 0,218$; $0,096$; $0,075$, respectivamente), bem como por CALISKAN & DIRIM (2016) quando reportaram um decréscimo da atividade de água para o pó liofilizado de sumac ($a_w = 0,410$; $0,370$; $0,160$), a partir da adição de maltodextrina nas concentrações de 20, 25 e 30%. De acordo com FELLOWS (2006), valores da atividade da água mais baixos que 0,6 são estáveis do ponto de vista microbiológico e indicam que não haverá crescimento de bioagentes patogênicos.

A aferição dos sólidos solúveis totais (SST) dos pós da polpa liofilizada de lichia em função da adição da maltodextrina está descrita na Tabela 4.5.Nela, a análise de variância das médias demonstrou diferenças estatisticamente significativas (Teste de Tukey a nível de 1% de probabilidade), com o aumento desses valores em função da elevação da concentração do aditivo. Esses resultados corroboram outros trabalhos como CANUTO et al. (2014), que apontaram desempenho similar para polpa de mamão liofilizada, com elevação do SST em função do gradiente de concentração do aditivo (0, 5 e 15%) e OLIVEIRA et al.(2014), que assinalaram correlação direta entre o SST (78,00 e 92,67 °Brix) e a concentração do aditivo para polpa liofizada de cajá (0 e 17% de maltodextrina 20 DE).

A análise das médias do pH advindas das amostras liofilizadas estão listadas na Tabela 4.5. De acordo com o Teste de Tukey, não houve diferenças entre as amostras concentradas a 20 ou a 25%. Contudo, houve diferenças entre esse conjunto e a amostra concentrada a 15%. Essa tendência à elevação do pH em amostras desidratadas e acrescidas de maltodextrinatambém foi reportada por estudos conduzidos por SANTOS et al. (2015), para polpa de caju submetida a secagem em leito de jorro (pH = 3,62 para a polpa desidratada sem o aditivo; pH = 3,73 para a polpa desidratada com 10% de maltodextrina), bem como por CANUTO et al. (2014), quando encontraram comportamento similar para o pH em função da concentração desse aditivo (pH = 4,61/ pó liofilizado da polpa de mamão; pH = 4,71/ pó liofilizado com adição de 5% de maltodextrina; pH = 4,75/pó liofilizado com adição de 15% de maltodextrina).

Adicionalmente, BARROSO et al.(2017) corroboraram esses dados, quando assinalaram para polpa de mangaba liofilizada com formulações crescentes de maltodextrina (0, 10, 20 e 30%), um crescimento gradual de valores desse parâmetro (pH = 3,70; 3,83; 4,01 e 4,12, respectivamente).

O comportamento do parâmetro acidez total titulável apresentou um moderado decréscimo, embora insuficiente para que houvesse diferenças estatisticamente significativas. KRUMREICH et al. (2016) reportaram que a adição de 10% de maltodextrina foi suficiente para elevar de 0,06 (pó sem o aditivo) para 0,12 a acidez do pó liofilizado de uvaia, contrapondo-se aos dados de BARROSO et al.(2017), que registraram uma significativa diminuição desse parâmetro quando avaliaram a influência da maltodextrina no processo de liofilização de mangaba (ATT = 5,29 e 1,52, para polpa integral e adicionada de 30% do aditivo). Do mesmo modo, registrou-se queda da acidez para o pó da polpa de cajá liofilizada em relação à adicionada de maltodextrina (OLIVEIRA et al., 2014), de mamão (CANUTO et al.,2014), e caju (SANTOS et al.,2015).

Tem-se na Tabela 4.5 os valores extraídos da relação SST/ATT para os pós de lichia liofilizada. A análise de variância demonstrou que há diferenças significativas entre a amostra contendo 15% do aditivo aquela adicionada de 25%. Contudo, a amostra com concentração de 20% não diferiu da menor ou da maior concentração. Em linhas gerais, esses resultados coadunam com os expressos por CANUTO et al. (2014), que demonstraram uma elevação no ratio do pó de mamão liofilizado (ratio = 64,49 pó sem aditivo; ratio = 168,49 pó adicionado de 15% de maltodextrina). De igual modo,

OLIVEIRA et al. (2014) registraram para pó da polpa de cajá liofilizada um acréscimo no ratio de 8,56 (sem aditivo) para 29,14 (com 17% de aditivo). O ratio foi definido por LIMA et al. (2015) como um parâmetro que indica o grau de doçura de um fruto ou de seu produto, evidenciando qual o sabor predominante, se o doce ou o ácido, ou ainda se há equilíbrio entre eles. Dessa forma, quanto maior for esta razão, mais doces serão as frutas (MUSSER et al., 2004).

A avaliação do teor lipídico contido nas amostras da polpa liofilizada de lichia em diferentes concentrações de maltodextrina encontram-se na Tabela 4.5. Percebe-se que os valores médios para as amostras a 15 e 20% não diferiram significativamente, havendo um acréscimo apenas para a amostra acrescida de 25% do aditivo. Ressalta-se que em todas as amostras, os valores encontrados estão abaixo do que preconiza o USDA-ARS (2016) para polpa desidratada de lichia. Ademais, justifica-se esse acréscimo, pois a retirada de água decorrente do processo de secagem permite a concentração de sólidos da massa restante, ou seja, proteínas, lipídios, carboidratos, dentre outros. (FIOREZE & MADRUGA, 2003). Contrapondo-se, SANTOS (2016) determinou que os teores de lipídeos para polpas de umbu-cajá liofilizadas exprimiram uma correlação negativa entre esse fator e a concentração do aditivo. Ou seja, a amostra isenta de aditivo apresentou um valor (0,49%) superior àquela adicionada de 30% de maltodextrina (0,22%).

A concentração da maltodextrina interferiu na carga proteica dos pós, exibindo valores decrescentes, à medida que se elevou a quantidade (15; 20 e 25%) do adjuvante (3,17; 2,49 e 2,47%, respectivamente); contudo, esses valores estão abaixo do que estabelece o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA-ARS, 2016) para polpa desidratada de lichia (3,80%). Como já foram retratados anteriormente, fatores edafoclimáticos, estágio de maturação e a variedade da fruta podem ser responsáveis por essa discrepância. QUEIROZ et al.(2012), analisaram as frações de lichia secas em estufa a 45°C e reportaram que a polpa exibiu baixos teores de proteína e lipídeos, inclusive menores do que na semente e na casca. Contudo, essas diferenças proteicas entre a polpa e os resíduos da fruta podem oscilar dependendo do genótipo, como relataram DIAUTO et al. (2014), para estudos com constituintes do abacate.

A adição do carreador interferiu no teor de cinzas para os pós liofilizados de lichia, de modo que o aumento na concentração refletiu no decréscimo nesse parâmetro, conforme a Tabela 4.5, onde se observa uma variação de 1,36% (concentração a 15%)

para 1,06% (concentração a 25%), portanto um decréscimo de aproximadamente 28,38% desse fator. Para a mesma fruta, MOTTA (2009) assinalou um teor relativamente próximo ao obtido nesse estudo, para polpa desidratada em estufa com pré-tratamento osmótico. Essa variação negativa corrobora os dados extraídos por SANTOS et al.(2015), quando estudaram o processo de secagem da polpa integral do caju (cinzas = 0,28%) e formulada a 10% de maltodextrina (cinzas = 0,23%) em leite de jorro. Do mesmo modo, BREDA et al.(2013) evidenciaram que a concentração de aditivos influencia negativamente o teor de cinzas, variando de 2,49 a 2,60%, para polpas de cajá-manga desidratadas pelo método de *foam mat*. Adicionalmente, CARVALHO et al.(2017b) asseguraram que a adição da maltodextrina, em concentrações de 5, 10 e 15% foi capaz de reduzir o teor de cinzas (2,96; 2,57 e 2,22%) encontradas na polpa de umbu-cajá desidratada em *spray-dryer*.

Observa-se, portanto, uma tendência de queda no teor de matéria inorgânica com a adição de maiores concentrações de maltodextrina. De fato, sendo a maltodextrina um composto orgânico, proveniente da quebra do amido, há de se esperar sua perda após o processamento em mufla.

Os dados obtidos da massa total de cinzas foram utilizados para a determinação de minerais. Verifica-se na Tabela 4.5, que há clara perda de minerais quando se eleva a concentração da maltodextrina, demonstrando, portanto que tanto houve perda quantitativa de matéria inorgânica quanto de minerais contidos em cada amostra.

Ademais, o elemento potássio (K) foi o mais abundante, corroborando trabalho semelhante realizado por CABRAL et al. (2014), MOTTA (2009) e WALL (2006) que avaliaram os minerais contidos em lichias. Contudo, os dados expressos no presente trabalho foram menores que nos trabalhos supracitados. Sabe-se que o teor de minerais pode variar de acordo com o cultivar, tipo de solo, clima, metodologias e tratamentos culturais, o que pode justificar tais diferenças. Os frutos do presente estudo são oriundos do estado do Espírito Santo, enquanto os dados extraídos por CABRAL et al. (2014) e MOTTA (2009) resultam de cultivares do estado de Minas Gerais e por sua vez, os de WALL (2006), de lichias cultivadas no Haváí (EUA).

Os dados obtidos para o mineral magnésio, por sua vez, expressaram valores próximos, levemente superiores aos descritos pelos autores citados anteriormente. Outro dado relevante é que, mesmo dentro de uma mesma variedade, dependendo da

localidade/solo, há diferenças entre os frutos produzidos, como observado por WALL (2006).

Adicionalmente, determinado mineral pode ser encontrado em um cultivar e não expresso em outros, como no caso do mineral fósforo (P), que apresentou valor que variou entre 10,32 a 5,21 mg/100g, no presente estudo e 25,4 mg/100 g no trabalho desenvolvido no Havaí (WALL, 2006) e por outro lado, não foi detectado por CABRAL et al. (2014). Situação semelhante foi observado para o rubídio, estrôncio e enxofre, todos esses obtidos apenas no presente estudo.

Como consequência da desidratação e adição da maltodextrina, o teor de carboidratos foi o parâmetro que exibiu maiores índices percentuais, uma vez que a retirada de água (maior constituinte dos frutos) e a inclusão do aditivo (um polissacarídeo) concorreram para esse resultado. De fato, o teor de carboidratos foi gradualmente elevado (84,98; 87,92 e 90,13%) em função da concentração do aditivo (15, 20 e 25%, respectivamente). Para a mesma fruta, QUEIROZ et al. (2012) registraram um valor aproximado (85,38%) ao descrito nesse estudo, para polpa desidratada em estufa a 45 °C, submetida a tratamento osmótico prévio. Esses valores situam-se acima do valor mínimo admitido (70,70%) pelo USDA-ARS (2016) para polpa desidratada de lichia. Comparando-se o efeito da concentração do aditivo, SANTOS (2016) reportou que para a polpa de umbu-cajá, os teores de carboidratos variaram de 73,54% (pó isento de aditivos) a 91,30% (pó adicionado de 30% de maltodextrina); portanto, valores próximos aos observados no presente estudo.

Estão expressos na Tabela 4.5 os valores obtidos para a determinação do teor de açúcares totais. Percebe-se claramente que houve um sensível decréscimo (50,33; 48,70 e 48,17%) em função da concentração do aditivo (15; 20 e 25%, respectivamente) nesse parâmetro, embora insuficiente para que seja significativa estatisticamente pelo teste de Tukey. Reduções mais significativas foram reportadas por CANUTO et al.(2014) para o pó liofilizado de mamão, isento de aditivo (92,29%), ou acrescido de 5% ou 15% de maltodextrina (88,46 e 74,02% respectivamente). Segundo SANTOS et al. (2015) o teor de açúcares totais presentes em pós liofilizados de caju integral (4,04%) é acrescido (4,44%) quando adicionado de 10% do carreador. Contrapondo-se, o mesmo autor cita que em polpas de umbu-cajá, formulações liofilizadas e isentas de aditivos (55,94%) exibem um percentual gradativa e estatisticamente menor (34,99; 28,69 e 24,35%),

quando se eleva a concentração do carreador (10, 20 e 30% de maltodextrina, respectivamente) (SANTOS, 2016).

Os valores médios para o parâmetro açúcares redutores estão expressos na Tabela 4.5. Verifica-se que a formulação adicionada de 15% do carreador expressou-se significativamente acima das demais formulações, com uma diferença superior a 7,89% entre a menor e a maior concentração. Esse comportamento é corroborado pelas análises realizadas por CANUTO et al.(2014), quando observaram um decréscimo de mais de 36,95% entre o pó liofilizado de mamão isento de adjuvante e o pó adicionado de 15% de maltodextrina, bem como pelos estudos realizados por SANTOS (2016), quando reportou um decréscimo de 54,32% (polpa de umbu-cajá liofilizada sem adjuvante) para 21,60 (polpa adicionada de 30% de maltodextrina).Diferentemente, OLIVEIRA et al.(2014) em estudos sobre a polpa liofilizada de cajá, assinalaram que não houve diferenças entre o pó da polpa integral e o pó adicionado de 17% de maltodextrina (26,98 e 27,52%, respectivamente).Por outro lado, LARAJÚNIOR (2017) assinalou um percentual de aproximadamente 14,89% de açúcares redutores para a polpa integral e de 23,21% para o pó adicionado de 30% de maltodextrina, obtido em spray-dryer. Essa elevação seria creditada à temperatura de secagem e à elevação, naquele experimento, da acidez do produto, o que acarretaria a inversão da sacarose.

Verifica-se na Tabela 4.5 que o percentual de açúcares não redutores exibiu um acréscimo em função da adição da maltodextrina (0,69; 1,60 e 2,08%), havendo diferenças significativas entre a primeira (concentração de 15% do aditivo) média e a última (adicionada de 25%), porém, não havendo distinção entre ambas e o valor alcançado para o pó concentrado com 20% de maltodextrina. Esses resultados concordam com os dados obtidos por SANTOS (2016), quando registrou um aumento no teor de açúcares não redutores (1,54; 1,82; 2,10 e 2,61%) em função da concentração de maltodextrina (0, 10, 20 e 30%, respectivamente) em polpa de umbu-cajá. Por outro lado, CANUTO et al. (2014) evidenciaram uma correlação negativa entre o teor de açúcares não redutores (56,15; 55,88 e 47,65%) e a concentração da maltodextrina (0, 5 e 15%) para polpa de mamão.

A maltodextrina exerceu influência direta no tocante ao valor calórico total, (VCT), variando de 361,02 Kcal/100g (amostra contendo 15% de aditivo) a 379,44 Kcal/100g (amostra contendo 25% do aditivo), diferindo estatisticamente, de acordo com o Teste de Tukey a nível de 1% de probabilidade. Esses valores estão acima do que

preconiza o USDA-ARS (2016) para polpa desidratada de lichia (VCT = 277 Kcal/100g) e decorre certamente da natureza bioquímica do aditivo, um polissacarídeo cujo teor é contabilizado para efeito de cálculo do VCT. Estudos sobre a composição centesimal de polpas de lichias desidratadas em estufa com pré-tratamento osmótico realizados por MOTTA (2009), evidenciaram um VCT de 344,78 Kcal/100g, valor consideravelmente abaixo do obtido no presente estudo, indicando novamente ser o aditivo, a causa dessa diferença. Farinhas de casca e semente de lichias obtidas por secagem em estufa exibiram números intermediários aos extraídos no presente estudo, com um VCT de 343,04 e 397,66 Kcal/100g respectivamente (QUEIROZ et al., 2015). Por sua vez, SANTOS (2016) encontrou diferenças significativas entre os pós de umbu-cajá liofilizados sem o aditivo (319 Kcal/100g) e os adicionados de 30% de maltodextrina (375,56 Kcal/100g), corroborando os dados explicitados na Tabela 4.5.

O teor de ácido ascórbico decaiu de 43,19 mg/100 g (pó adicionado de 15% do carreador) para 12,91 (pó adicionado de 25% do carreador), portanto um decréscimo de mais de 234% entre as amostras. Tais números são concordantes com os obtidos para polpa de cajá integral liofilizada (168,47 mg/100 g) e liofilizada acrescida de 17% de maltodextrina (90,46 mg/100 g) (OLIVEIRA et al. 2014); para polpa de mamão liofilizada adicionada de 5% (418,2 mg/100 g) e liofilizada com 15% de maltodextrina (241,4 mg/100 g) (CANUTO et al., 2014); para a polpa de umbu-cajá liofilizado acrescido de 10% de goma arábica (73,60 mg/100 g) e liofilizado acrescido de 30% de goma arábica (32,14 mg/100 g) (SANTOS et al., 2016), bem como para polpa de uvaia integral liofilizada (158,85 mg/100 g) e acrescida de 10% de maltodextrina (104,36 mg/100 g) (KRUMREICH et al., 2016).

Observa-se na Tabela 4.5 que a maltodextrina foi responsável pela elevação dos valores médios de luminosidade (L^*) das polpas de lichia em pó obtidas por liofilização, similarmente ao observado na Tabela 4.2 para as formulações. Como já relatado, essa elevação decorre da natureza clara do aditivo, bem como da baixa umidade observada. Conforme a mesma Tabela, a amostra contendo 15% de maltodextrina obteve um valor que diferiu estatisticamente da amostra contendo 25% do mesmo aditivo ($L^* = 70,40$ e $L^* = 82,31$, respectivamente), em nível de 1% de probabilidade, pelo Teste de Tukey. Estudos conduzidos por OLIVEIRA et al. (2014) evidenciaram que a incorporação de 17% de maltodextrina à polpa de cajá, foi suficiente para provocar diferenças significativas entre o pó com aditivo e o pó da polpa

integral ($L^*= 58,41$ e $L^*=54,43$, respectivamente). Comportamento similar foi reportado para polpa liofilizada de umbu-cajá adicionada de 10 e 30% de goma arábica, ocasionando um aumento da luminosidade de 76,36 para 80,14 (SANTOS et al., 2016), bem como por CALISKAN & DIRIM (2016) para o pó liofilizado de sumac (especiaria de amplo uso no oriente médio) adicionado de 20% de maltodextrina ($L^*=32,53$) e 30% do mesmo adjuvante ($L^*=33,94$). Complementarmente, KRUMREICH et al.(2016) obtiveram valores de luminosidade variando de 89,19 (pó isento de aditivo) a 94,88 (pó adicionado de 10% de aditivo) para polpa liofilizada de uvaia.

A análise do parâmetro intensidade do vermelho ($+a^*$), listada na Tabela 4.5 retrata o decréscimo desse fator na medida em que se eleva a concentração do aditivo. ($+a^* = 6,20$ para a amostra contendo 15% do aditivo e $+a^*= 3,38$, para a amostra incorporada de 25% do carreador, respectivamente). Percebe-se que esse comportamento foi corroborado por outros estudos com polpas liofilizadas comparadas com a inclusão de aditivos, como OLIVEIRA et al. (2014), quando avaliaram a alteração decrescente nesse parâmetro para o pó da polpa de cajá integral e adicionada de 17% de maltodextrina ($+a^*= 0,44$; $-1,35$); SANTOS et al. (2015) também registraram essa diferença entre o pó liofilizado da polpa integral de caju e adicionada de 10% de maltodextrina; bem como BARROSO et al. (2017), que relataram um gradual decréscimo nesse parâmetro ($+a^* = 9,26$; $3,86$; $5,61$ e $2,68$) para amostras de pós liofilizados de mangaba com concentrações de 0, 10, 20 e 30%, nesta sequência. Para mesma estratégia de secagem e outro aditivo, a goma arábica, SANTOS et al. (2016) registraram que esse comportamento se repete, com decréscimo de 7,03 a 4,68 entre o pó da polpa integral de umbu-cajá e adicionada de 30% do carreador, o que permite concluir que o material, por sua clareza, promove uma diluição da pigmentação da matéria prima.

A avaliação da intensidade do amarelo ($+b^*$) apresentada na Tabela 4.5, diferiu estatisticamente entre a amostra a 15% e as amostras a 20e 25%, contudo sem diferenças significativas entre as duas últimas. Essa redução da cromaticidade b^* foi corroborada pelo trabalho de SANTOS et al. (2015) para o pó da polpa integral de caju desidratada em leite de jorro (33,58) e adicionado de 10% do adjuvante (29,21). BARROSO et al. (2017) estipularam esse parâmetro para mangaba, variando de 31,49 para 26,63 para amostras liofilizadas sem aditivo e com 30% de maltodextrina, respectivamente.

Em decorrência das reduções dos parâmetros de intensidade do vermelho ($+a^*$) e do amarelo ($+b^*$), observa-se na Tabela 4.5 que o índice de saturação de cor ou croma, exibiu uma redução de valores na medida em que se elevou a concentração da maltodextrina, variando de $C^* = 19,89$ (pó acrescido de 15% do adjuvante), $C^* = 16,59$ (pó adicionado de 20% do carreador) a 15,82 (pó formulado com 25% do aditivo), contudo sem diferenças significativas entre as duas últimas amostras. Essa tendência de redução do croma em função da concentração do aditivo ratifica os dados oriundos da secagem por liofilização do umbu-cajá (SANTOS, 2016), quando reportou um decréscimo de 46,55 (pó isento do aditivo) para 20,40 (pó adicionado de 30% de maltodextrina). Adicionalmente, o uso desse carreador promoveu uma redução do croma em polpas de graviola desidratadas em *spray-drying*, com valores entre 9,58 (pó contendo 15% de maltodextrina) e 6,86 (pó contendo 45% do mesmo aditivo) (COSTA et al., 2014). Por possuir a graviola uma polpa de coloração semelhante à polpa da lichia, pode-se inferir que embora a maltodextrina interfira negativamente no parâmetro em ambas, o método de secagem foi responsável pela relevante diferença entre os valores.

A análise do fator ângulo de tonalidade evidenciou que as amostras não diferiram significativamente, conforme se verifica na Tabela 4.5. Esse parâmetro é retratado por um ângulo de 0° a 360° graus, onde valores entre 0° e 90° são representados pelos vermelhos, laranjas e amarelos; de 90° a 180° são os amarelos, amarelo-verdes e verdes; 180° a 270° são os verdes, azul-verdes e azuis; de 270° a 360° são azuis, púrpuras, magentas e novamente os vermelhos (MARQUES, 2008). No presente estudo, os valores para o ângulo de tonalidade oscilaram entre $h^* = 71,82$ e 77,64, situando as amostras entre o amarelo-laranja e amarelo. Para graviolas desidratadas em *spray-dryer*, COSTA et al. (2014) reportaram valores entre 88,58 (pó acrescido de 15% de carreador) e 92,14 (pó adicionado de 45% de maltodextrina), valores mais próximos ao amarelo, indicando portanto que a temperatura de secagem seja também responsável pela alteração da cor. De fato, CALISKAN & DIRIM (2016) evidenciaram que em extratos de sumac em pó, o ângulo *hue* variou entre 15,19 (secagem em *spray-dryer*; pó composto de 20% de maltodextrina) e 10,23 (secagem em liofilizador; pó com mesma concentração), tendo em linhas gerais, a secagem em *spray-dryer* alcançado valores mais elevados para o ângulo *hue*, quando comparados às mesmas concentrações em relação ao método de secagem.

O cálculo das médias advindas do parâmetro diferença total de cor, dos pós de lichia obtidos por liofilização, está expresso na Tabela 4.5 e demonstra que a adição da maltodextrina concorreu significativamente para a alteração dessa característica. Segundo PATHARE et al. (2013), esse índice permite avaliar as modificações decorrentes de processos e tratamentos sobre a cor dos alimentos, indicando a magnitude desse gradiente entre as amostras processadas e a amostra controle, seguindo uma escala, onde: $\Delta E^* > 3$, indica que há muita distinção; $1,5 < \Delta E^* < 3$, indica distinção e $\Delta E^* < 1,5$, indica leve distinção. Desse modo, pode-se inferir que, à medida que se incrementa o adjuvante, maior é a alteração entre as cores dos produtos original e liofilizado, apesar da maltodextrina ser um fator determinante no tocante à melhora de outras características físicas. SONG et al. (2015) relataram valores de ΔE^* entre 19,5 (secador acoplado a micro-ondas) e 20,9 (secagem em estufa), o que demonstra ser a liofilização um processo mais eficiente no tocante à análise desse parâmetro sensorial.

Verificam-se na Tabela 4.5 os valores médios da molhabilidade dos pós liofilizados oriundos da polpa de lichia. Constata-se que a análise de variância demonstrou diferenças significativas entre a amostra adicionada com 25% da maltodextrina, que exibiu médias superiores ($\text{mg/s} = 1,00$), em detrimento das demais amostras ($0,73 \text{ mg/s}$ e $0,81 \text{ mg/s}$) contendo 15 e 20% do aditivo. Assim, o tempo necessário para que o material depositado possa submergir sobre a lâmina de água, diminui com a elevação do gradiente de concentração do adjuvante. A dissolução instantânea dos produtos em pó é fundamental para receptividade do mercado consumidor e para tanto, aspectos microestruturais, correlacionados à molhabilidade são imprescindíveis para a avaliação da qualidade do produto. No presente trabalho, os valores obtidos coadunam-se àqueles expressos por SANTOS (2016), para polpa de umbu-cajá liofilizado acrescida de maltodextrina em concentrações de 10 a 30% ($3,12$ e $21,96 \text{ mg/s}$, respectivamente). De acordo com FERRARI et al. (2012), a molhabilidade é um fator inversamente proporcional ao tamanho das partículas, acarretado em função de que partículas maiores exibem mais espaços vazios entre as mesmas e assim, são mais facilmente penetradas pela água.

Estão dispostos na Tabela 4.5 os valores médios relativos ao parâmetro solubilidade. Constatou-se a existência de diferenças significativas entre todas as amostras, afixando-se um índice mais elevado para as formulações adicionadas de 25% de maltodextrina. Esse desempenho encontra supedâneo no baixo teor de umidade dessa

amostra, visto que, quanto menor o teor de umidade, menos pegajoso é o pó, resultando em maiores superfícies para hidratação (GOULA & ADAMOPOULOS, 2008). Resultados similares foram reportados para polpa liofilizada de umbu-cajá (SANTOS, 2016), para concentrações de 10, 20 e 30% de maltodextrina, cujos valores respectivos foram: 91,49; 93,55 e 94,88%. Valores inferiores (49,79%) foram assinalados por KRUMEICH et al. (2016), quando avaliaram a solubilidade da polpa de uvaia desidratada por liofilização, com incremento de 10% de maltodextrina, assim como SANTANA et al. (2018), reportaram para polpa de jussara (*Euterpe edulis*) formulada com amido modificado e concentrado proteico de soro de leite, desidratada por atomização produziu pós cuja solubilidade variou de 78,9 a 83,8%.

A higroscopicidade das polpas de lichia obtidas por liofilização está retratada na Tabela 4.5. Verifica-se que houve uma correlação negativa entre esse parâmetro e a concentração da maltodextrina, com valores entre 22,40 e 16,54%. Segundo o GEANIRO RESEARCH LABORATORY (2003), a classificação dos pós quanto à higroscopicidade (%) varia entre: Não higroscópico (<10); Ligeiramente higroscópico (10,1 – 15,0); Higroscópico (15,1 – 20,0); Muito higroscópico (20,1 – 25,0) e Extremamente higroscópico (>25). Desse modo, as amostras contendo 15% de maltodextrina foram classificadas como muito higroscópicas e as demais, contendo 20 e 25%, enquadraram-se como sendo higroscópico. Valores aproximados foram assinalados por SANTOS (2016), para polpa liofilizada de umbu-cajá, cujos percentuais de higroscopicidade variaram de 21,04 (amostra contendo 10% de maltodextrina) a 16,63 (amostra formulada com 30% do mesmo aditivo). Por outro lado, valores bem inferiores, embora com o mesmo comportamento de redução em função do adjuvante, foram reportados por COSTA et al. (2014), quando desidrataram a polpa de graviola por *spray-drying*. Segundo esses autores, a higroscopicidade obtida foi de 5,93; 3,82 e 3,28%, para as formulações adicionadas de 15, 30 e 45% de maltodextrina. Do mesmo modo, KRUMEICH et al. (2016) relataram valores inferiores (4,58%) para polpa de uvaia liofilizada. Segundo PARK et al. (2001), a higroscopicidade decorre da afinidade entre a água e os demais constituintes de um produto, sendo de fundamental relevância sua determinação para produtos alimentícios, desde o manuseio, envase, estocagem e consumo. Alimentos em pó que exibam elevada higroscopicidade promovem um fenômeno conhecido como *caking*, que dificulta a sua utilização (CARLOS et al., 2005).

A densidade aparente, relatada na Tabela 4.5, demonstrou que apenas a amostra contendo 25% do aditivo exibiu um valor médio estatisticamente inferior às demais amostras. Desempenho similar foi assinalado por SANTOS (2016), quando reportou que a adição da maltodextrina ou da goma arábica foi eficaz na redução desse parâmetro em polpas de umbu-cajá. Valores próximos foram também registrados por LINS et al. (2017), para o pó da seriguela produzido em leite de jorro, assim como por OLIVEIRA et al. (2013), para polpa de morango atomizada com 10% de maltodextrina. SOGI et al. (2015), estudaram o comportamento físico da polpa da manga Tommy Atkin liofilizada e reportaram uma relação inversamente proporcional entre a densidade aparente e a solubilidade, creditando tal efeito a facilidade de penetração na amostra, resultando em menores aglomerações do produto e corroborando assim os dados alcançados no presente estudo.

O estudo da densidade aparente é imprescindível para dimensionamento de embalagens, ao passo que a densidade compactada serve como parâmetro para determinação da aglomeração do material. Desse modo, a Tabela 4.5 evidenciou que a densidade compactada das amostras de lichia liofilizada exibiu uma significativa redução em função da concentração do adjuvante. Valores ligeiramente inferiores foram assinalados por SANTOS (2016) para polpa liofilizada de umbu-cajá, para as concentrações de 10, 20 e 30% do mesmo aditivo.

A densidade real dos pós de lichia liofilizados para as diferentes concentrações de maltodextrina estão alocados na Tabela 4.5, enfatizando-se que apenas a amostra contendo 25% do aditivo exibiu valores médios inferiores e estatisticamente distintos das demais formulações. Valores próximos ($1,262\text{g/cm}^3$) foram constatados por SOUSA et al. (2015b), para polpa de atemoia desidratada em secador por aspensão, adicionada de 25% de maltodextrina. Do mesmo modo, SANTOS (2016) reportou que o gradiente de concentração de maltodextrina concorreu negativamente para a densidade real do pó liofilizado da polpa de umbu-cajá, com valores de 1,19 a $1,14\text{g/cm}^3$.

Aplicando-se a classificação de VILLANOVA et al. (2012) para a determinação do Fator de Hausner, constatou-se que a amostra adicionada de 15% de maltodextrina foi considerada de boa coesividade ($\text{FH} > 1,5$), enquanto as demais foram definidas como tendo baixa coesividade ($\text{FH} \leq 1,25$). Desse modo, amostras contendo baixa coesividade são mais facilmente escoadas, sendo a amostra adicionada de 25% do adjuvante aquela que exibiu melhores índices para esse parâmetro, o que é de

fundamental importância para o envase do produto. Valores ligeiramente próximos (1,30) aos registrados para as amostras de baixa coesividade foram assinalados por LINS et al. (2017), quando avaliaram os aspectos físicos da polpa de seriguela desidratada em leite de jorro. CALISKAN et al. (2016) reportaram que, para o pó liofilizado de sumac (especiaria comum no oriente médio), o fator de Hausner decaiu em função da concentração da maltodextrina (20, 25 e 30%), com índices de 1,33; 1,24 e 1,18, respectivamente. Do mesmo modo, valores aproximados aos obtidos no presente estudo foram registrados por KALITA et al. (2018) em pesquisas sobre a viabilidade celular de *Lactobacillus plantarum* em suco de lichia desidratado por *spray-drying* com adição de 15% de maltodextrina, quando obtiveram um valor de 1,15 para o fator de Hausner.

Constatou-se, de acordo com a tabela 4.5, que o parâmetro índice de compressibilidade sofreu redução significativa em função da concentração do aditivo. Esse índice, também denominado índice de Carr, permite a determinação indireta das propriedades de fluxo do material, devido à relação entre as densidades aparente e compactada, permitindo assim a avaliação da capacidade de escoamento e compressão de um sólido. Para fins de comparação, valores maiores que 0,23 permitem assumir que o material é de baixa fluidez; valores entre 0,12 e 0,16 indicam uma boa fluidez e entre 0,05 e 0,15 expressam um nível de excelente fluidez (VILLANOVA et al. 2012). Desse modo, apenas a amostra adicionada de 25% de maltodextrina pôde ser classificada como excelente. Valores próximos aos obtidos no presente trabalho foram registrados por CALISKAN et al. (2016) para pó liofilizado de sumac, inclusive com comportamento similar em função da concentração de maltodextrina (20, 25 e 30%), com valores de 0,25; 0,19 e 0,15, respectivamente. Valores próximos (0,23) foram também obtidos por LINS et al. (2017) para polpa de seriguela desidratada em leite de jorro, assim como por KALITA et al. (2018), para suco de lichia desidratado por *spray-drying* com adição de 15% de maltodextrina, com valores de 0,13.

Após a análise dos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos da polpa de lichia liofilizada, procedeu-se a escolha do melhor pó para a realização do período de armazenamento. Embora a adição da maltodextrina tenha comprometido alguns parâmetros químicos e físico-químicos, do ponto de vista físico, esse incremento trouxe indubitavelmente melhorias significativas, o que reflete em melhoria do tempo de vida de prateleira do produto. Portanto, elegeu-se o pó adicionado de 25% de maltodextrina

para a realização dos testes de armazenamento, embasado principalmente nos aspectos físicos do material, como umidade, atividade de água, solubilidade, higroscopicidade, fator de Hausner e índice de compressibilidade.

4.5 Isotermas de adsorção do pó de lichia liofilizada, adicionada de 25% de maltodextrina

Estão descritos na Tabela 4.6 os parâmetros dos modelos matemáticos de GAB, Henderson e Oswin ajustados aos dados experimentais das isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 30 e 40 °C da polpa de lichia em pó formulada com 25% de maltodextrina, bem como os coeficientes de determinação (R^2) e erros médios relativos (P).

Tabela 4.6 - Parâmetros de ajuste dos modelos de GAB, Henderson e Oswin, coeficientes de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) das isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 30 e 40 °C da polpa de lichia em pó formulada com 25% de maltodextrina

Modelo matemático	Temp. (°C)	Parâmetros do modelo			R^2	P (%)
		Xm	C	K		
GAB	30	0,008606	6748,999	0,955832	0,9801	6,46
	40	0,008456	7114,001	0,963420	0,9881	5,82
Henderson	Temp. (°C)	Parâmetros do modelo		R^2	P (%)	
		a	b			
Henderson	30	0,022037	1,151959	0,9166	12,33	
	40	0,019716	1,403779	0,9324	13,98	
Oswin	Temp. (°C)	Parâmetros		R^2	P (%)	
		a	b			
Oswin	30	0,016180	0,597151	0,9675	7,95	
	40	0,015604	0,632207	0,9769	8,30	

Constatou-se (Tabela 4.6) que para todos os modelos matemáticos aplicados, os valores do R^2 foram superiores a 0,91, configurando-se desse modo um aceitável ajuste para quaisquer modelos. Contudo, para uma maior acurácia dos dados, a análise do P evidenciou que o modelo de Henderson extrapolou o percentual de 10%, demonstrando-

se inadequado para a descrição do fenômeno em estudo (SILVA et al., 2005). Desse modo, assumindo-se os valores de P, foi verificado que as equações de GAB e Oswin representaram satisfatoriamente as isotermas de adsorção de água da polpa liofilizada de lichia em ambas as temperaturas. Para a determinação do melhor modelo, levaram-se em consideração os maiores índices do coeficiente de determinação (R^2) e menores erros médios relativos (P), concluindo-se ser o modelo de GAB o de melhor ajuste.

Valores similares foram reportados por MOREIRA et al. (2013) quando avaliaram o comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, aplicando os modelos matemáticos de BET, GAB, Henderson e Oswin. Segundo esses autores, o melhor ajuste aos dados experimentais foi obtido com o modelo de GAB, o qual alcançou valores de R^2 entre 0,9986 e 0,9993, exibindo um erro médio (P) oscilante entre 4,092 e 5,175%. Também condizentes com o presente estudo, foram os dados mencionados por OLIVEIRA et al. (2014), quando caracterizaram o comportamento higroscópico a 25 °C do pó da polpa de cajá liofilizada isenta de carreador e com adição de 17% de maltodextrina DE 20, através da aplicação dos modelos matemáticos de BET, GAB, Henderson e Oswin. De acordo com os resultados obtidos, as amostras integrais apresentaram melhor ajuste ao modelo de BET, com valores de R^2 de 0,999, para um erro médio de 4,53%, enquanto a amostra adicionada da maltodextrina exibiu melhores ajustes ao modelo de Henderson, com valores do coeficiente de determinação de 0,998, para um erro médio relativo de 6,022%.

Adicionalmente, RIBEIRO et al. (2016), obtiveram polpa de acerola em pó através de liofilização a uma temperatura de - 38 °C durante 24 h. O pó resultante foi avaliado quanto ao comportamento das isotermas de adsorção de água, nas temperaturas de 25, 30 e 35 °C, com a submissão aos modelos matemáticos de GAB, BET, Henderson e Oswin. Dentre os modelos testados, o de melhor ajuste foi o de BET, alcançando valores de R^2 entre 0,972 e 0,995, para um erro médio (P) variando entre 3,60 e 12,23. Por outro lado, LINS et al. (2017), em estudos sobre a polpa de seriguela desidratada em secador de leito de jorro a 80 °C, adicionada de 3% de maltodextrina, determinaram que as isotermas de adsorção nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C teve o modelo de Peleg com melhor ajuste aos dados experimentais, apresentando coeficientes de determinação (R^2) de 0,9991 a 0,9995 e erro médio (P) de 0,84 a 1,65, em detrimento dos modelos matemáticos de GAB e Oswin.

Constatou-se que os valores do conteúdo de água na monocamada nuclear (X_m) do modelo de GAB exibiu valores bem similares, com pequena redução para as amostras submetidas a temperatura de 40 °C. Resultados discrepantes foram reportados por MOREIRA et al. (2013), para as isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. Segundo esses autores, os valores de X_m apresentaram uma elevação (0,117; 0,130 e 0,136) em função das temperaturas experimentais de 25, 30 e 35 °C, respectivamente. CANUTO et al. (2014) avaliaram o comportamento higroscópico, a 25°C, do mamão liofilizado integral e com adição de 5 e 15% de maltodextrina, revelando que os valores de X_m apresentaram ligeiro aumento em função da concentração do adjuvante, com valores entre 0,110 a 0,147. Por sua vez, SILVA et al. (2015) em estudos sobre o comportamento das isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó, obtido pelo processo de secagem em camada de espuma (*foam mat drying*), na temperatura de 70 °C, relataram uma tendência a redução dos valores de X_m para as amostras submetidas a temperatura de 25 e 35 °C ($X_m = 25,45$ e $21,82$, respectivamente). COMUNIAN et al. (2011) definem o conteúdo da umidade da monocamada (X_m) como sendo a quantidade de água adsorvida fortemente aos sítios específicos localizados na superfície dos alimentos, cujo valor, se extrapolado, promove elevação das reações de degradações, além de promover comprometimento da matriz alimentar.

Adicionalmente, OLIVEIRA et al. (2014) reportaram que a adição de maltodextrina permitiu a obtenção de valores de X_m maiores (0,180) que nas amostras isentas do adjuvante (0,093), o que se confronta com os resultados descritos por SANTOS (2016), quando indicou valores de X_m mais elevados para amostras de umbu-cajá liofilizado sem adjuvantes (0,1331), do que nas amostras formuladas com 10, 20 e 30% de maltodextrina (0,098; 0,078 e 0,068, nesta sequência). Desse modo, constata-se que a variedade de dados de X_m em função das alterações de temperatura e concentração do adjuvante é comum em estudos de isotermas de adsorção, tendo cada material biológico seu comportamento típico.

A análise da constante de sorção (C), registrado na tabela 4.6, demonstrou que a elevação da temperatura promoveu um acréscimo nesse parâmetro, diferentemente dos dados assinalados por CATELAN et al. (2011), quando reportaram valores decrescentes (31,59; 11,73; 3,31 e 2,95) da constante de sorção em função da temperatura (20, 30, 40 e 50°C) para polpa de maracujá liofilizada. MOREIRA et al. (2013), quando avaliaram

o comportamento higroscópico do pó da polpa de manga liofilizada. Segundo esses autores, os valores dessa constante variaram de 1,349 para amostras submetidas a 25 °C a 1,068, para amostras avaliadas a 35 °C. RIBEIRO et al. (2016), reportaram nítido decréscimo dos valores da constante de sorção (C) para polpa de acerola em pó, com valores de 91,34 para amostras submetidas a 25 °C e 0,33 para amostras analisadas na temperatura de 45 °C. Por sua vez, CONEGERO et al. (2017), em estudos sobre o comportamento das isotermas da polpa liofilizada de mangaba, demonstraram não haver uma relação de aumento ou redução do parâmetro C para as temperaturas de 25, 30, 35 e 40°C, cujos valores foram: 0,160; 0,721; 0,718 e 0,348, respectivamente; assim como LINS et al. (2017), cujos valores reportados para o parâmetro C nas temperaturas de 20, 30 e 40 °C, foram 907.578 ; 761.018 e 814.979, nessa sequência.

Observa-se na Tabela 4.6 que os valores médios do parâmetro K da equação de GAB demonstram um moderado acréscimo em função da elevação da temperatura, corroborando os dados alcançados por LINS et al. (2017) para polpa de seriguela desidratada em secador de leito de jorro, cujos valores de K foram acrescidos de 0,913; a 0,953, para as temperaturas de 20 e 40°C. Segundo GOULA et al. (2008), valores de K inferiores a 1 são ideais, pois acima desse valor, são fisicamente inadequados indicando uma sorção infinita. Assim, os dados registrados no presente trabalho apoiam-se em outros dados da literatura, cujos valores de K foram inferiores a 1,0, para pós obtidos por secagem de polpa de frutas, como manga: 0,96 e 0,95, para as temperaturas de 25 e 35°C (MOREIRA et al., 2013), cajá: K = 0,99 amostra integral e 0,83 amostra com 17% de maltodextrina (OLIVEIRA et al., 2014), seriguela: K = 0,91; 0,94 e 0,95, para amostras submetidas a 20, 30 e 40 °C (LINS et al., 2017) e mamão: K = 0,99; 0,98 e 0,89, para amostras integral e adicionadas de 5 e 15% de maltodextrina, respectivamente. Por outro lado, CATELAN et al. (2011), registraram valores moderadamente decrescentes para esse parâmetro em função da elevação da temperatura (20 a 50°C), para polpa de maracujá liofilizada, com valores entre 0,960 e 0,869, enquanto que CONEGERO et al. (2017) não descreveram relação entre o aumento da temperatura (25, 30, 35 e 40°C) da isotermas de adsorção de mangaba liofilizada e os valores de K (0,83; 0,89; 0,90 e 0,81, respectivamente).

Aplicando-se a classificação de BLAHOVEC (2004), constata-se que as isotermas de adsorção de água da polpa liofilizada da lichia são do Tipo III, em razão de apresentar $0 < K \leq 1$ e $0 \leq C \leq 2$. Esse tipo de isotermas é típico de sistemas em que as

moléculas do adsorbato apresentam maior interação entre si do que com o sólido, portanto com pouca adsorção por capilaridade (CAMPOS et al., 2009).

Observa-se nas Figuras 4.2 a 4.4 o comportamento higroscópico das amostras da polpa de lichia liofilizada, com adição de 25% de maltodextrina, onde são retratados os valores da atividade de água em função do teor de água de equilíbrio, para os modelos de GAB, Henderson e Oswin. Consta-se que para todos os modelos, o comportamento é característico de materiais ricos em carboidratos (OLIVEIRA et al., 2014), havendo uma rápida elevação da atividade de água com acréscimo moderado do teor de água de equilíbrio até a zona próxima a atividade de água (0,7) consequente das interações soluto-solvente, associadas à dissolução do açúcar da amostra (SANTOS, 2016). A partir de então, o ganho da atividade de água se torna mais lento, à medida em que o teor de água de equilíbrio assume valores gradualmente maiores.

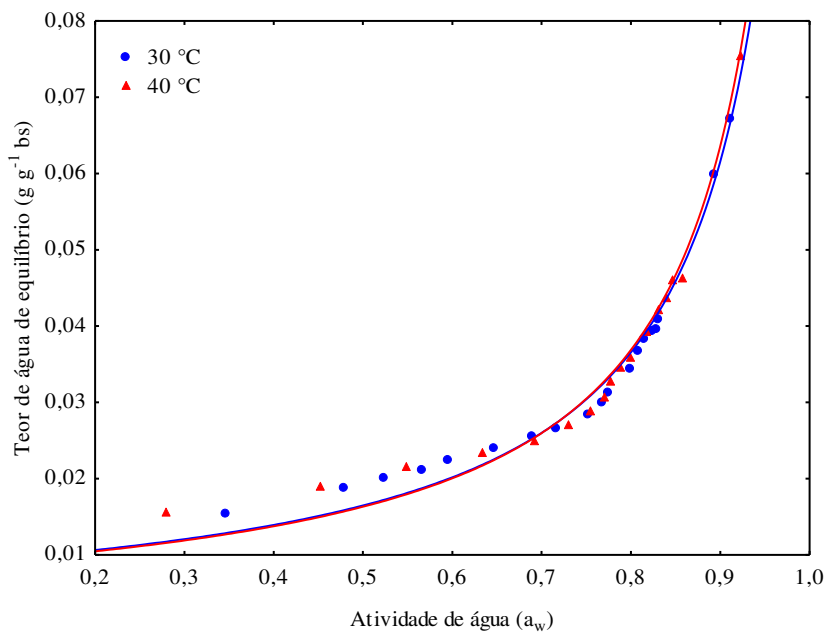


Figura 4.2. Isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 30 e 40 °C da polpa de lichia em pó formulada com 25% de maltodextrina, com ajustes do modelo de GAB.

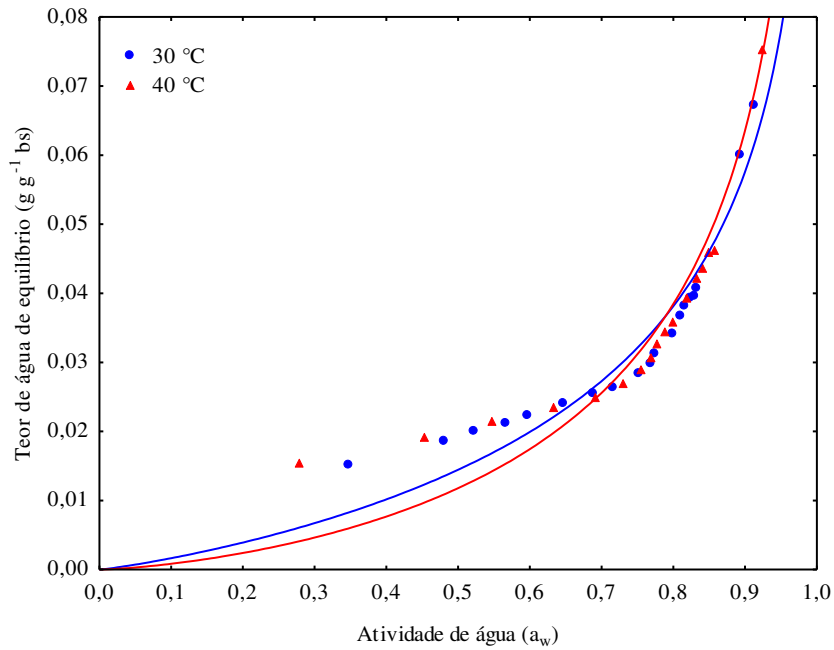


Figura 4.3. Isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 30 e 40 °C da polpa de lichia em pó formulada com 25% de maltodextrina, com ajustes do modelo de Henderson.

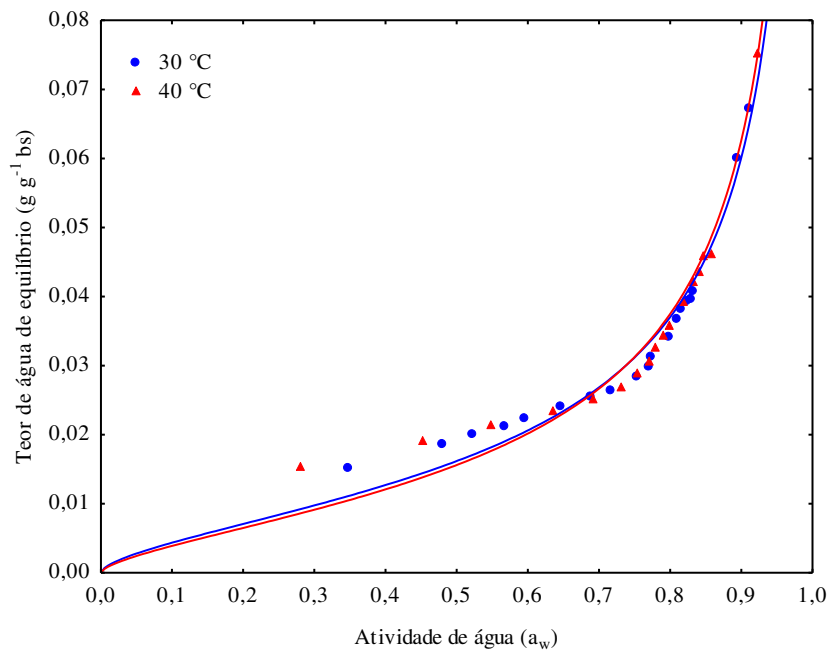


Figura 4.4. Isotermas de adsorção de água nas temperaturas de 30 e 40 °C da polpa de lichia em pó formulada com 25% de maltodextrina, com ajustes do modelo de Oswin.

4.6. Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)

Estão dispostas na Figuras 4.5 as imagens geradas em microscopia eletrônica de varredura (MEV), que permitiram a análise estrutural da polpa de lichia liofilizada com adição de 25% de maltodextrina 20 DE. Acredita-se que a elevada higroscopicidade do material seja responsável pela aglomeração de partículas, não permitindo a determinação de uma estrutura nítida do produto liofilizado.

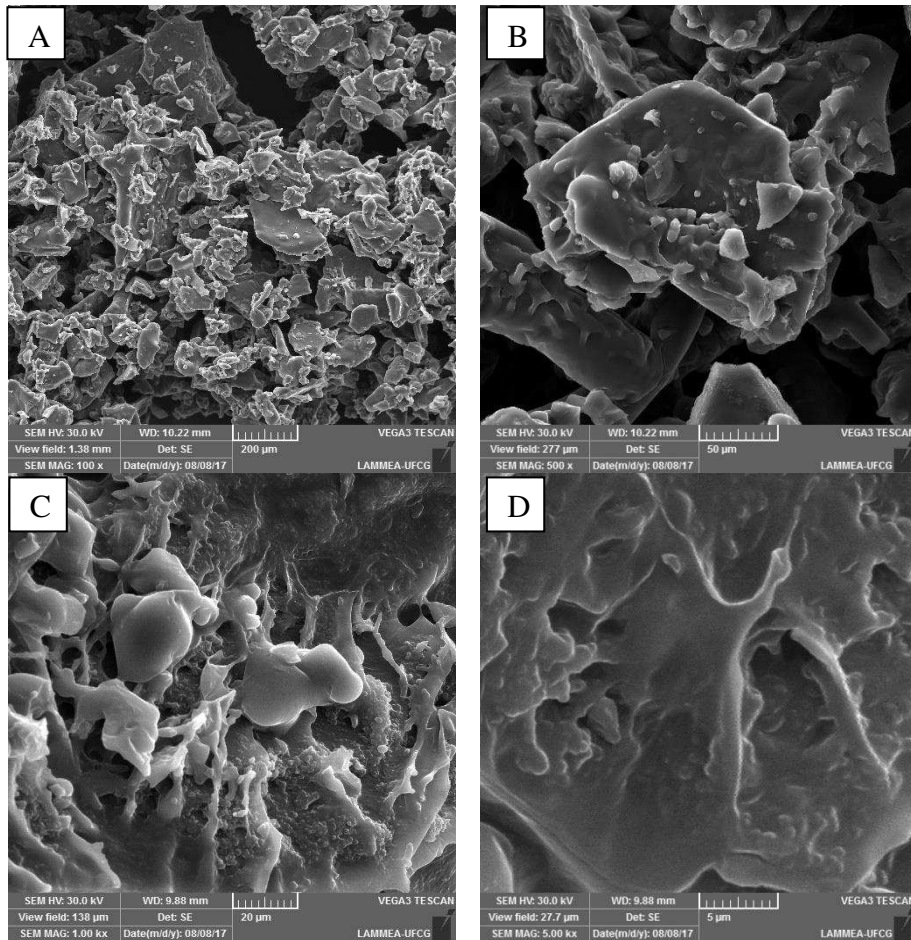


Figura 4.5 Fotomicrografias da polpa da lichia em pó, desidratada por liofilização com a adição de 25% de maltodextrina 20 DE, obtida por microscopia eletrônica de varredura, com aumento de 100X (A), 500X (B) 1000X (C) e 5000X (D).

Destaca-se, nas Figuras 4.5 (A) e 4.5 (B), a natureza aglomerada e amorfa do material, não se evidenciando um plano de simetria, faces planas, formas geométricas ou granulometria nítidos. BEZERRA (2013), em pesquisas sobre a estrutura microscópica da polpa liofilizada de marolo adicionada de maltodextrina, relatou

comportamento amorfo semelhante, com ligações irreversíveis entre partículas, decorrente do fenômeno de “*caking*”. Certamente, essa aglomeração permite maior retenção de pigmentos e outros compostos orgânicos passíveis de degradação por reações oxidativas, em decorrência da diminuição da superfície de contato. (FERRARI et al., 2012). Adicionalmente, LARA JÚNIOR (2017) relatou que o aumento da concentração da maltodextrina para polpa da manga em pó resultou em partículas menores e formatos mais definidos.

Observa-se nas Figuras 4.5 (C) e 4.5 (D), a existência de superfícies rugosas com formas arredondadas e amorfas, enfatizando-se a grande porosidade do material. Observações similares foram reportadas por ARAÚJO (2014), ao avaliar a estrutura do pó da polpa de jambolão, desidratada por diferentes métodos. Segundo esse autor, a liofilização promoveu maior porosidade que a secagem em leito de jorro. Por sua vez, CAPARINO et al. (2012) pesquisaram a polpa de manga desidratada e concluíram que a liofilização gerou um pó mais amorfo que o obtido em *spray-dryer*. Para EZHILARASI et al. (2013), as estruturas porosas decorrentes da liofilização estão diretamente relacionadas ao processo de sublimação dos cristais de gelo, durante o processo de secagem.

Acredita-se que, além do processo de liofilização, a natureza amorfa do pó da polpa de lichia seja consequência do elevado teor de açúcares. MARQUES (2008) afirmou que a ultrapassagem da temperatura de transição vítrea durante o congelamento implica na diminuição da viscosidade da solução amorfa (que depende do teor de açúcares), favorecendo um colapso do produto durante a sublimação, devido à fluidez do líquido para o interior das camadas de interface, que se segue pelo surgimento de uma nova camada decorrente da expansão da matriz que atua como uma barreira, caracterizando assim a estrutura amorfa.

4.7. Armazenamento da polpa de lichia liofilizada

Estão registradas nas Tabelas 4.7.1 a 4.7.13, as análises de variância dos parâmetros físicos, químicos e físico-químicos da polpa de lichia liofilizada, durante o armazenamento de 60 dias, para as três temperaturas propostas. Constata-se que houve significativa alteração (teste de Tukey a 5% de probabilidade) desses parâmetros no decurso do tempo e da temperatura de estocagem.

Observa-se na Tabela 4.7.1, que o parâmetro umidade sofreu um acréscimo significativo ao longo do período amostral, indicando que a embalagem utilizada ou o fechamento não se mostraram eficientes no tocante ao isolamento do produto. Essas diferenças se tornam mais evidentes para a amostra submetida a 40°C, que exibiu um aumento em torno de 330,49%, do que a amostra alocada a 20 °C, que se acresceu em torno de 274,29%. Registra-se ainda, que, a partir do trigésimo dia, a amostra submetida a 40 °C começou a exibir alteração de estado físico, passando a ter uma tendência à aglomeração, certamente em decorrência da sua natureza higroscópica, com progressiva elevação até o final do experimento, sendo o mesmo comportamento registrado para a amostra a 30 °C a partir do tempo = 50 dias. Desse modo, as oscilações verificadas a partir do tempo = 30 dias, evidenciaram que não houve diferenças significativas entre as médias para a segunda metade do experimento, marcadamente para as amostras que sofreram aglomeração. Esses resultados ratificam os estudos de OLIVEIRA et al. (2013), quando avaliaram a estabilidade da polpa de morango atomizada com a adição de diferentes aditivos, relatando que amostras apresentaram valores de umidade maiores e mais próximos entre si, independentemente do tipo de adjuvante. Ademais, SANTOS et al. (2016), avaliaram a estabilidade, durante 180 dias, da polpa de umbu-cajá liofilizada com diferentes concentrações de goma arábica em temperatura ambiente e evidenciaram que a partir de 90 dias, para uma mesma concentração, os valores médios não exibiam diferenças significativas, divergindo apenas em função da concentração do aditivo.

Tabela 4.7.1 Valores médios da umidade (%) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas.

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	5,64 aE	7,56 aD	11,59 bC	13,23 bBC	13,62 bB	14,54 bAB	15,47 bA
30	5,64 aE	7,52 aD	12,98 bC	13,50 bC	14,67 bBC	15,34 bAB	16,59 bA
40	5,64 aE	8,18 aD	14,44 aC	15,93 aBC	16,74 aB	17,54 aAB	18,64 aA

Diferença mínima significativa para colunas = 1,3897; Diferença mínima significativa para linhas = 1,7718; Média geral = 12,62409; Coeficiente de variação (%) = 5,55180; Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Registram-se, na Tabela 4.7.2, os valores médios dos sólidos totais da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina 20 DE, durante o período de armazenamento, para as três temperaturas experimentais. Como esse parâmetro é obtido por diferença em relação ao teor de água, registrou-se um decréscimo na medida em que o material assimilava umidade. Desse modo, a incorporação de água promoveu maior diluição dos compostos nutricionais, a exemplo de glicídios, proteínas e minerais, de maneira mais proeminente na amostra submetida a 40 °C, que, ao final do período amostral, exibiu cerca de 86,22% do teor de sólidos totais quando comparado ao início do experimento. Para a amostra alocada a 20 °C, o teor de sólidos totais exprimiu um valor de aproximadamente 89,58% em relação ao teor inicial. Dados da umidade de figo da Índia em armazenamento, submetidos à temperatura de 25 e 40 °C, por 40 dias, permitiram constatar que, para temperatura mais elevada, o teor de sólidos totais foi de 91,64% do valor inicial e de 92,75% para a amostra submetida a 25 °C (GALDINO et al., 2016). A análise do fator tempo evidencia que, a partir do trigésimo dia, o teor de sólidos totais não diferiu estatisticamente, independentemente da temperatura, corroborando os resultados de SANTOS et al. (2016), que reportaram não haver diferenças significativas para a polpa liofilizada de umbu-cajá adicionada de goma arábica (10, 20 e 30%) para a mesma concentração durante o armazenamento, a partir do tempo igual a 120 dias.

Tabela 4.7.2 Valores médios dos sólidos totais (%) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas.

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	94,35 aA	92,43 aB	88,40 aC	86,76 aCD	86,37 aD	85,45aDE	84,52aE
30	94,35 aA	92,47 aB	87,01 aC	86,49 aC	85,32aCD	84,65aDE	83,40aE
40	94,35 aA	91,81 aB	85,55 bC	84,06 bCD	83,25 bD	82,45bDE	81,35bE

Diferença mínima significativa para colunas = 1,3897; Diferença mínima significativa para linhas = 1,7718; Média geral = 87,37; Coeficiente de variação (%) = 0,80; Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Estão descritos, na Tabela 4.7.3, os valores médios da atividade de água (a_w) oriundos do armazenamento da polpa de lichia liofilizada, durante o período amostral, para as três temperaturas de experimentais. Correlacionado ao aumento da umidade (Tabela 4.7.1), constatou-se que a atividade de água foi acrescida gradualmente ao longo do intervalo de tempo: $a_w = 0,268$ para o tempo zero e 0,339; 0,428 e 0,593 para o tempo = 60 dias, para as temperaturas de 20, 30 e 40 °C, respectivamente. Desse modo, a atividade de água demonstrou diferenças significativas para todos os valores médios, em todas as interações de fatores: tempo e temperatura, embora nenhuma amostra tenha extrapolado o valor de 0,600, considerado como valor mínimo necessário para o desenvolvimento de microorganismos (FRANCO & LANDGRAF, 2005). Registrou-se ainda, o colapso na estrutura das amostras a 40 °C, a partir do intervalo de tempo igual a 30 dias, quando a atividade de água assumiu um valor médio de 0,399, bem como para a amostra a 30 °C, a partir do tempo = 50 dias, quando a atividade de água registrada foi de 0,392.

Estudos sobre a estabilidade do pó de figo da Índia, obtido a partir de secagem por aspersão, durante 40 dias, demonstraram atividade de água inicial de 0,260, sofrendo gradual acréscimo, até 0,352 e 0,348 para as temperaturas de 25 e 40 °C, respectivamente (GALDINO et al., 2016); também obtido por aspersão, a polpa do fruto do mandacaru adicionado de 10% de maltodextrina DE-10 e DE-14, registrou índices de atividade de água partindo de 0,313 e 0,319 até 0,349 e 0,351, nesta sequência, durante 50 dias (OLIVEIRA, 2015b) em temperatura ambiente; portanto, um acréscimo de 11,50% para a amostra com dextrose equivalente de 10 e de 10,03% para aquela com

dextrose equivalente de 14. De acordo com CONEGERO et al. (2017), em temperatura ambiente, o pó liofilizado de mangaba exibe um índice de atividade de água partindo de 0,162 e atingindo ao final de 90 dias, um valor de 0,474 para o mesmo tipo de embalagem e mesmo processo de selagem. Por sua vez, SANTOS et al. (2016), demonstraram que a atividade de água variou tanto em função do tempo (180 dias) quanto em função da concentração de goma arábica, para polpa liofilizada de umbu-cajá.

Tabela 4.7.3. Valores médios da atividade de água (a_w) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina - 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas.

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	0,268aG	0,273cDE	0,277cD	0,295cC	0,320cB	0,336cA	0,339cA
30	0,268aG	0,292bF	0,312bE	0,354bD	0,375bC	0,392bB	0,428bA
40	0,268aG	0,353aF	0,378aE	0,399aD	0,487aC	0,504aB	0,593aA

Diferença mínima significativa para colunas = 0,0040; Diferença mínima significativa para linhas = 0,0051; Média geral = 0,35819; Coeficiente de variação (%) = 0,57; Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

A análise do parâmetro sólidos solúveis totais (SST) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina, durante o período de armazenamento, para as três temperaturas empregadas, está registrada na Tabela 4.7.4. Verifica-se que, para o fator temperatura, as amostras alocadas a 40 °C apresentaram maior redução do parâmetro. Certamente em decorrência da elevação da umidade e atividade de água, promovendo maior diluição de compostos solúveis, a exemplo de açúcares. Estudos realizados por SANTOS et al. (2016) apresentaram comportamento similar, para o pó de umbu-cajá liofilizado com a adição de goma arábica em diferentes concentrações (10, 20 e 30%). Para todas elas, o índice de °Brix sofreu decréscimo durante o período amostral. Complementarmente, REIS et al. (2017), avaliaram a estabilidade em temperatura de 25 °C, da polpa de acerola desidratada em estufa de circulação de ar forçado, nas temperaturas de 60, 70 e 80 °C. De acordo com esses autores, o teor de sólidos solúveis totais decaiu ao longo de 75 dias, não havendo diferenças significativas entre as médias obtidas para o fator temperatura de secagem, com menor variação ao final do

armazenamento. Por outro lado, HOFFMANN et al. (2017), em estudos sobre o armazenamento da polpa de butiá, evidenciaram que em temperatura de -18 °C, o índice de sólidos solúveis totais não sofreu decréscimo, ao longo de 12 meses (°Brix = 12,8 inicial e 12,5 final).

Tabela 4.7.4 Valores médios dos sólidos solúveis totais (SST) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas.

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	87,33aA	86,66aA	82,00aB	77,00aC	74,00aD	72,00aD	69,00aE
30	87,33aA	86,33aA	80,00abB	75,00aC	72,00abD	71,00aD	67,00aE
40	87,33aA	86,00aA	78,00bB	72,33bC	70,66bCD	68,66bD	64,00bE

Diferença mínima significativa para colunas = 2,3301; Diferença mínima significativa para linhas = 2,9707; Média geral = 76,76190; Coeficiente de variação (%) = 1,53; Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Estão alocados, na Tabela 4.7.5, os valores médios do pH da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina, durante o período de armazenamento, para as três temperaturas experimentais. Constata-se que houve uma oscilação ao longo do armazenamento com efeitos moderados de elevação desse parâmetro ao longo do tempo. Em concordância com esses dados, ALEXANDRE et al. (2014) reportaram que, para a polpa de pitanga em pó em temperatura de 25 °C, oriunda de secagem em *foam mat*, o pH exibiu um gradual aumento de 3,6% ao longo de 60 dias de armazenamento. Esse mesmo comportamento oscilante foi reportado para o pó da polpa do fruto de mandacaru adicionado de 10% de maltodextrina com dextroses equivalentes de 10 e 14, desidratada em secador por aspersão, durante o armazenamento por 50 dias, em temperatura controlada de 25 °C. Para ambas as amostras, o pH variou entre 4,52 e 4,55 (OLIVEIRA et al., 2015a). Adicionalmente, CONEGERO et al. (2017), analisaram o armazenamento da polpa liofilizada de mangaba, por 90 dias em temperatura ambiente, constando que o pH oscilou entre 3,12 e 3,18, também com oscilações intermediárias. Contrapondo-se, MODESTO JÚNIOR et al. (2016), avaliaram a estabilidade da polpa de ginja durante 60 dias, sob refrigeração a 8°C. De acordo com esses autores, o pH apresentou oscilações com tendência a decréscimo, com valores médios iniciais de 3,53,

intermediários de 3,04 (20° dia) e 3,12 ao final do período amostral. Ademais, REIS et al. (2017), registraram reduções no pH de 4,5%, durante o período de 75 dias, para o pó de acerola oriundo de secagem em estufa de circulação de ar forçado, nas temperaturas de 80 °C.

Tabela 4.7.5. Valores médios do pH da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas.

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	4,56aD	4,57bD	4,67aBC	4,66abC	4,69aBC	4,72aB	4,82aA
30	4,56aD	4,64aCD	4,61bDE	4,67aBC	4,62bCD	4,71aB	4,83aA
40	4,56aD	4,63aC	4,65aBC	4,63bC	4,61bCD	4,70aB	4,80aA

Diferença mínima significativa para colunas = 0,0432; Diferença mínima significativa para linhas = 0,0551; Média geral = 4,66698; Coeficiente de variação (%) = 0,47; Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Verificam-se, na Tabela 4.7.6, os valores médios da acidez total titulável (ATT) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina, durante o período de armazenamento, para as três temperaturas experimentais. Para o fator temperatura, constata-se que as amostras submetidas a 20 e 30°C exibiram uma redução significativamente menor que as amostras submetidas a 40°C. Certamente essa diminuição da acidez decorre da maior diluição dos ácidos orgânicos decorrentes dos maiores valores de umidade (Tabela 4.7.1), exibidos durante o período amostral. Por sua vez, o parâmetro tempo de armazenamento evidenciou uma redução da acidez do produto no decorrer dos 60 dias de análise. Segundo SANTOS et al. (2016), além da diluição dos ácidos orgânicos, outro fator concorrente para essa redução pode ser a própria oxidação desses compostos, visto que esses autores assinalaram comportamento similar para polpa de umbu-cajá liofilizada, adicionada de 10% de goma arábica, para temperatura de 25°C durante 180 dias, com valores iniciais e finais de 7,62 e 6,33% de ácido cítrico. O armazenamento em temperatura ambiente, da polpa de pitanga em pó em embalagem multifolheada, demonstrou que, ao longo de 60 dias, também houve um decréscimo desse fator, de 1,26 para 1,14, apesar de flutuações nos valores intermediários (ALEXANDRE, 2014). Por outro lado, estudos apontam a eficácia desse tipo de embalagem para o pó da polpa do fruto do mandacaru, em temperatura

controlada de 25°C, no decorrer de 50 dias de estocagem (OLIVEIRA et al. 2016), assim como para o figo da Índia, quando GALDINO et al. (2016) registraram pequenas oscilações na acidez total titulável para amostras submetidas a temperatura de 25 °C e 40°C, que, apesar de se mostrarem diferentes do ponto de vista estatístico, não diferiram entre os valores iniciais e finais, sendo interpretado pelos autores como indicativo da ausência de contaminação microbiológica. Adicionalmente, MODESTO JÚNIOR et al. (2016) reportaram uma elevação da acidez total titulável (ATT inicial = 0,044; final = 0,430) para polpa do fruto de ginja, durante 60 dias, em temperatura de 8°C.

Tabela 4.7.6 Valores médios da acidez total titulável (ATT) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas.

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	0,862aAB	0,872aA	0,855aAB	0,773aC	0,824aABC	0,841aAB	0,813aBC
30	0,862aA	0,804bB	0,745bC	0,726bC	0,742bC	0,721bC	0,740bC
40	0,862aA	0,762bB	0,731bBC	0,771aB	0,690cC	0,690bC	0,699bC

Diferença mínima significativa para colunas = 0,0449; Diferença mínima significativa para linhas = 0,0572; Média geral = 0,78068; Coeficiente de variação (%) = 2,90; Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Estão plotados, na Tabela 4.7.7 a seguir, os valores médios advindos da análise de variância para a relação SST/ATT da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina, durante o período de armazenamento, para as três temperaturas experimentais. Percebe-se que as amostras submetidas à temperatura de 20°C diferiram estatisticamente daquelas expostas a 30 e 40°C, embora existam oscilações para os valores intermediários. Essa diferença pode ser creditada a maior redução dos valores médios da acidez total titulável (ATT) (Tabela 4.7.6), em detrimento a redução moderada dos níveis de sólidos solúveis totais (SST) (Tabela 4.5.4), ao longo do período amostral. Para todos os períodos e temperaturas, constata-se um ratio bastante elevado, configurando amostras de palatabilidade doce bastante acentuada. Esses resultados coadunam-se com os dados extraídos do trabalho de ANDRADE JÚNIOR et al. (2016), quando avaliaram a estabilidade da polpa de morangos em câmaras frias durante 12 dias, registrando para a variedade camarosa, um decaimento do ratio de 10,8

para 8,7. Ademais, os dados advindos da pesquisa de SANTOS et al. (2016), estipularam uma elevação do ratio para polpa liofilizada de umbu-cajá adicionada de goma arábica em diferentes concentrações (10, 20 e 30%). Segundo esses autores, o pó produzido com 10% de goma arábica apresentou um aumento de aproximadamente 15%, comparando-se os valores entre tempos iniciais e finais, em detrimento as amostras com 20 e 30%, que exibiram elevação de 7 e 6%, respectivamente. Por outro lado, DUARTE et al. (2017), avaliaram esse parâmetro para o armazenamento de polpa de pitaita, verificando um acréscimo de aproximadamente ratio 50 para ratio 92, durante o período de 21 dias a 13°C.

Tabela 4.7.7 Valores médios do ratio (SST/ATT) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	99,856aA	98,618cA	95,911bAB	99,602aA	89,753bBC	85,531bC	84,852bC
30	99,856aBC	106,993bA	106,319aAB	104,236aAB	96,984aCD	97,020aCD	90,414aD
40	99,856aBCD	112,899aA	106,645aAB	93,331bD	101,428aBC	98,546aCD	92,976aD

Diferença mínima significativa para colunas = 5,4672; Diferença mínima significativa para linhas = 6,9705; Média geral = 98,17294; Coeficiente de variação (%) = 2,81; Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Estão disponíveis, na Tabela 4.7.8, os valores médios do teor de ácido ascórbico da polpa de lichia em pó, durante o período de armazenamento, para as três temperaturas experimentais. Constata-se que os teores desse nutriente foram, estatisticamente, reduzindo-se em função do tempo e da temperatura de armazenamento, certamente em decorrência da elevação da umidade. Para as amostras submetidas à temperatura de 20 °C, a perda foi de aproximadamente 35,39%, ao passo que aquelas alocadas a 40 °C, exibiram uma redução de 44,47%.

A finalidade da embalagem é promover o isolamento do produto em relação ao meio externo, protegendo-o do oxigênio, luz e umidade, uma vez que esses fatores podem levar a alterações sensoriais e perda de vitaminas e, assim, comprometendo a sua qualidade. Segundo TEIXEIRA & MONTEIRO (2006), o oxigênio pode estar presente

dissolvido no produto, em espaço livre da embalagem ou permeando esse material, causando a degradação do ácido ascórbico, assim como YUYAMA et al. (2008), que asseguram que vitaminas e outros compostos orgânicos, como ácidos e carboidratos, são sensíveis a fatores externos e internos como a luz, temperatura, umidade, tempo de processamento, pH, degradando facilmente devido às reações enzimáticas de óxido-redução.

Tabela 4.7.8. Valores médios do teor de ácido ascórbico (mg/100 g) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina - 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas.

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	12,910aA	11,058aB	10,748aB	10,603aB	9,492aC	8,859aCD	8,340aD
30	12,910aA	9,792bB	10,119aB	9,652bBC	8,800aCD	8,228abDE	7,726abE
40	12,910aA	8,849cB	8,064bBC	7,906cC	7,754bC	7,5924 bC	7,169bC

Diferença mínima significativa para colunas =0,7193; Diferença mínima significativa para linhas = 0,9171; Média geral =9,49950; Coeficiente de variação (%) = 3,82 Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

De igual modo, SOUSA et al. (2016) apontaram diferenças significativas no teor de ácido ascórbico durante o armazenamento de suco de caju atomizado, acondicionado em embalagens laminadas e plásticas, no intervalo de 30 e 45 dias, respectivamente. Ratificando essas observações, SANTOS et al. (2016) evidenciaram que o pó de umbu- cajá adicionado de 10% de goma arábica exibiu um valor inicial de 73,60 mg/100 g e, após 180 dias de armazenamento, em temperatura ambiente, expressou um valor de 58,22 mg/100 g de ácido ascórbico, assim como MODESTO JÚNIOR et al. (2016), que reportaram uma queda no teor de ácido ascórbico para polpa do fruto de ginja de 124,07 para 51,83 mg/100 g, ao longo de 60 dias em temperatura controlada de 8°C. Por sua vez, REIS et al. (2017), registraram uma redução de 19,45% (tempo inicial) para 3,90% (tempo final) desse fator durante o armazenamento a 25°C do pó de acerola desidratado em estufa à 60°C, durante 75 dias.

A partir da Tabela 4.7.9, são mostrados os parâmetros relacionados à cor da polpa de lichia em pó, durante o período amostral, para as três temperaturas. Ressalta-se que a maioria dos autores que elencaram dados sobre esse parâmetro em lichias, o

fizeram relativos ao epicarpo, que, notadamente, sofre um processo de escurecimento enzimático, pela degradação das antocianinas, acarretando a não aceitação do produto pelo mercado consumidor (LIMA et al., 2011; SILVA et al., 2012; SALOMÃO et al., 2012; ANJOS et al., 2014).

Verificou-se, na Tabela 4.7.9, que a luminosidade (L^*) foi afetada diretamente pelo tempo de armazenamento e, mais enfaticamente, pela temperatura: houve uma redução de 4,26% para as amostras submetidas a 20°C; 10,36 e 44,17% para as amostras avaliadas nas temperaturas de 30 e 40 °C, comparando-se o período amostral. Certamente, esse escurecimento não enzimático decorre da interação de proteínas, carboidratos e ácido ascórbico, sob a forma de compostos carboxílicos, através da reação de Maillard, produzindo compostos como cetonas e aldeídos, na etapa de degradação de Strecker, que reagem originando compostos nitrogenados de coloração escura, denominados melanoidinas (SILVAN et al., 2010; SHIBAO & BASTOS, 2011). Similarmente, ALEXANDRE et al. (2014) relataram redução da luminosidade de (L^*) = 35,88 para 29,10, durante o armazenamento por 60 dias a 25 °C, do pó da pitanga desidratada em camada de espuma, adicionada de 7,5% do emulsificante e estabilizante comercial Emustab® e 4,5% do espessante comercial Super Liga Neutra®. Por sua vez, SANTOS et al. (2016) afirmaram que a polpa de umbu-cajá liofilizada com 10% do aditivo goma arábica, promoveu uma redução de luminosidade (L^*) = 76,36 para 70,46, ao longo de 180 dias em temperatura ambiente; assim como REIS et al. (2017), em estudos sobre a estabilidade do pó de acerola obtido em estufa, a 80 °C, exibiram dados de luminosidade (L^*) de 40,2 a 29,2, no espaço amostral de 75 dias em temperatura de 25 °C.

Tabela 4.7.9. Valores médios da luminosidade (L^*) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	82,313aA	81,910aA	81,843aA	81,430aA	81,480aA	79,850aB	78,803aB
30	82,313aA	81,420aA	81,170aA	78,790bB	78,543bB	78,203bB	73,783bC
40	82,313aA	78,763bB	73,933bC	73,623cC	49,323cD	48,796cD	45,950cE

Diferença mínima significativa para colunas = 1,0083; Diferença mínima significativa para linhas = 1.2856; Média geral = 74.97889; Coeficiente de variação (%) = 0.68. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

Expressam-se, na Tabela 4.7.10, os valores médios obtidos para o parâmetro intensidade do vermelho (a^*) da polpa de lichia em pó, durante o período de armazenamento, para as três temperaturas sugeridas. Constatou-se que houve um aumento desse parâmetro em função do tempo e da temperatura, sendo o segundo fator mais veemente. Para a amostra submetida a 20 °C, a elevação foi em torno de 25,82%, enquanto que as amostras expostas a 30 e 40 °C apresentaram acréscimos de 149,29% e 337,57%. Esse acréscimo, associado à redução da luminosidade, retrata o escurecimento da amostra, que em derivados de frutas em condição de armazenamento, relaciona-se à atividade de água do produto bem como, à temperatura de estocagem, aumentando substancialmente quando a umidade do produto é maior que 4 a 5% b.u. e sob temperaturas de estocagem acima de 38 °C (FELLOWS, 2006).

Desse modo, essas observações corroboram os resultados exprimidos por GOMES et al. (2004), quando analisaram a estabilidade do pó de acerola adicionada de 10% de maltodextrina, desidratado em leito de jorro, relatando um aumento de aproximadamente 35% na intensidade do vermelho, ao longo de 60 dias em temperatura ambiente. Em consonância, LISBOA et al. (2012), avaliaram a estabilidade do pó do figo da Índia adicionado de 0,5% de Super Liga Neutra, 2% de Emustab e 5% de extrato de soja, desidratado em camada de espuma. No experimento citado, a intensidade do vermelho aumentou com o tempo, sendo afetada principalmente pela temperatura de armazenamento, chegando a atingir entre 77 e 79% de acréscimo nesse parâmetro, para as amostras estocadas a 40 °C. Similarmente, SANTOS et al. (2016) reportaram para a polpa de umbu-cajá liofilizada, com a adição de 10% de goma arábica, que a intensidade do vermelho foi acrescida de (a^*) =7,03 para 8,38, ao longo de 180 dias, em temperatura de 25°C.

Tabela 4.7.10 Valores médios da intensidade do vermelho (a^*) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina - 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	3,380aB	2,256cE	2,350cE	2,576cDE	,793cCD	3,006cC	4,253cA
30	3,380aD	2,530bE	3,236bD	4,253bC	4,263bBC	4,586bB	8,426bA
40	3,380aG	4,246aF	5,936aE	6,9567aD	11,966aC	12,483aB	14,790aA

Diferença mínima significativa para colunas =0,2558; Diferença mínima significativa para linhas = 0,3261; Média geral =5,2882; Coeficiente de variação (%) = 2,44. Médias seguidas pela mesma letra,

minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

A intensidade do amarelo (b^*) da polpa liofilizada de lichia, adicionada de 25% de maltodextrina, submetida as três temperaturas experimentais, durante os 60 dias de armazenamento, tem suas médias plotadas na Tabela 4.7.11. Percebe-se que para a temperatura de 20 °C houve uma moderada oscilação, porém, sem diferenças significativas durante o período amostral. Contudo, para as amostras submetidas a 30°C, esses valores começam a distinguir-se significativamente a partir do intervalo de tempo = 30 dias e para as amostras alocadas a 40°C, esse aumento começa a ser significativo mais recentemente, no intervalo igual a 10 dias. Desse modo, podem-se creditar essas alterações no parâmetro ao aumento da umidade dos pós, enfatizando que a amostra exposta ao armazenamento a 40°C alterou seu estado físico de pó para amostra caramelizada já no tempo igual a 30 dias, tendo a amostra armazenada a 30°C apresentado o mesmo aspecto somente no penúltimo tempo (50 dias). De igual modo, GOMES et al. (2004), assinalaram para a polpa de acerola, aumento do valor de b^* ao longo de 60 dias, em relação ao tempo zero, de aproximadamente 21%. Segundo esses autores, esse comportamento deriva de reações das antocianinas com o ácido ascórbico, presentes na acerola. Desta reação, resultariam perdas de ambos os componentes, com formação de pigmentos levemente escuros. Complementarmente, OLIVEIRA et al. (2015a) observaram aumento da coordenada b^* durante 50 dias de armazenamento para amostras de mandacaru em pó com 10 % de maltodextrina em embalagem laminadas flexíveis (compostas de uma camada de PET cristal (12 μm), uma camada de PET metal (12 μm) e uma camada de PEBD cristal (50 μm). Por sua vez, LISBOA et al. (2012) evidenciaram que em condições de armazenamento a 25 °C, o pó do figo-da-índia não apresentou diferenças estatisticamente significativas ao longo de 100 dias de armazenamento.

Tabela 4.7.11 Valores médios da intensidade do amarelo (b*) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina - 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	15,460aAB	13,446cC	14,156bBC	14,796cB	16,586cA	14,766cBC	16,310cA
30	15,460aD	15,876bD	15,196bD	19,420bC	19,260bC	23,643bB	30,993aA
40	15,460aD	21,566aC	20,833aC	24,373aB	28,576aA	28,866aA	28,080bA

Diferença mínima significativa para colunas = 1,0584; Diferença mínima significativa para linhas = 1,3494; Média geral = 19,67286; Coeficiente de variação (%) = 2,71. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

A análise de variância referente ao croma da polpa de lichia liofilizada em armazenamento, para as três temperaturas experimentais, está descrita na Tabela 4.7.12. Observa-se que, apesar de flutuações nas médias intermediárias, houve mudanças significativas no produto, considerando-se o croma inicial e final das amostras submetidas às temperaturas de 30 e 40°C. O croma representa a intensidade e pureza da cor, independentemente de quão clara ou escura seja. Uma cor com um alto valor de croma parece ser brilhante ou concentrada; enquanto uma cor baixa de croma parece pálida, acinzentada ou diluída. Contudo, ressalva-se que outros atributos sensoriais, como palatabilidade, aroma e textura devem ser considerados, como critérios de escolha pelo consumidor. Segundo CARNEIRO (2016), em estudos sobre a estabilidade da polpa de buriti, a secagem por atomização ($C^* = 57,06$) ou liofilização ($C^* = 69,72$) garantiu valores de croma superiores aos valores médios daquela polpa congelada ($C^* = 39,62$), ao longo de 55 dias de armazenamento e isso seria decorrente da reação Maillard. Estudos realizados por SANTANA et al. (2018), com polpa de jussara desidratada em *spray-dryer* com adição de amido modificado ao isolado proteico de soja, revelaram acréscimo do croma de 10,01 para 15,32, durante o armazenamento. Para a farinha de acerola, obtida em estufa e armazenada a 25°C por 75 dias, REIS et al. (2017), indicaram que o Croma exibiu uma elevação de 34,9 para 39,1, assim como reportado por BRANNAN & WANG (2017), que armazenaram por 8 meses a polpa de papaw e constataram uma elevação do croma para amostras embaladas a vácuo de 29,9 para 37,8. Resultados divergentes foram registrados por SANTOS et al. (2016) para o pó liofilizado da polpa de umbu cajá, adicionado de goma arábica (10, 20 e 30%) ao

longo de 180 dias em temperatura ambiente. Segundo esses autores, os maiores valores do croma foram obtidos nos pós formulados com 10% do aditivo ($C^* = 32,82$ inicial e 30,69 final).

Tabela 4.7.12 Valores médios do croma (C^*) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	15,823aABC	13,636cE	14,356cDE	15,396cBCD	16,823cA	15,066cCD	16,513bAB
30	15,823aD	16,076bD	15,536bD	19,880bC	19,726bC	24,086bB	32,320aA
40	15,823aD	21,983aC	21,663aC	25,346aB	30,980aA	31,453aA	31,740aA

Diferença mínima significativa para colunas =1,0083; Diferença mínima significativa para linhas =1,2855; Média geral =20,47889; Coeficiente de variação (%) =CV% = 2,48. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

Estão plotados, na Tabela 4.7.13, os valores médios do ângulo de tonalidade (h^*) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina - 20 DE, durante o período de armazenamento, nas três temperaturas avaliadas. Embora se verifiquem flutuações ao longo do período, para cada temperatura observa-se um comportamento próprio: amostras armazenadas a 20 °C tenderam a aumentar o ângulo de tonalidade, aproximando-se do amarelo; amostras expostas a 30 °C mantiveram quase os mesmos valores ao longo do período, com coloração amarelo-alaranjada, e aquelas alocadas a 40°C exibiram nitidamente um decréscimo ao transcorrer do período, exibindo coloração alaranjada. SANTOS et al. (2016) reportaram que a polpa liofilizada de umbu-cajá adicionada de 20 ou 30% de goma arábica, exibiu tendência a estabilidade da cor, em temperatura ambiente, ao longo do período de 180 dias. Do mesmo modo, BRANNAN & WANG (2017), relataram estabilidade da cor da polpa de papaw congeladas ao longo de 8 meses de observação, assim como HOFFMANN et al. (2017) assinalaram estabilidade na cor da polpa de butiá, com ângulo de tonalidade ($C^*= 84,9$ inicial e 86,1 final), ao longo de 12 meses de análise. Por sua vez, REIS et al. (2017) afirmaram que a polpa da acerola desidratada a 60°C tem sua tonalidade decrescente ($C^* = 64,8$ inicial e 61,0 final) ao longo de 75 dias de observação em temperatura de 25°C, enquanto que aquelas desidratadas a 70°C ($C^* = 65,1$ inicial e 64,2 final) e 80°C

(C* = 63,7 inicial e 64,2 final), não diferiram estatisticamente. Contrapondo-se, SANTANA et al. (2018), registraram um aumento no ângulo de tonalidade da polpa de jussara atomizada, de C* = 9,12 para C* = 43,96.

Tabela 4.7.13. Valores médios do ângulo de tonalidade (h^*) da polpa de lichia em pó, adicionada de 25% de maltodextrina – 20 DE, durante o período de armazenamento, em três temperaturas

T °C	Armazenamento (dias)						
	0	10	20	30	40	50	60
20	77,646aC	80,343abAB	80,453aAB	73,956bD	80,396aAB	78,483aBC	80,980aA
30	77,646aB	80,933aA	77,970bB	77,633aB	77,513bB	78,350aB	74,286bC
40	77,646aA	78,856bA	74,093cB	74,110bB	67,260cC	66,603bC	62,226cD

Diferença mínima significativa para colunas = 1,5471; Diferença mínima significativa para linhas = 1,9725; Média geral = 76,06619; Coeficiente de variação (%) = 1,03. Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem estatisticamente a 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey

4.8. Caracterização físico-química da bebida láctea probiótica

Estão descritos, na Tabela 4.8, os valores médios e a análise de variância de cada um dos parâmetros avaliados para a bebida láctea fermentada integral e adicionada de diferentes concentrações do pó liofilizado da lichia.

A legislação vigente (BRASIL, 2007) define o leite fermentado integral e estabelece padrões técnicos de identidade e qualidade na instrução normativa nº46/2007, normatizando os teores de lipídeos (0,50 a 5,90%), proteínas (mínimo de 2,90%) e acidez em ácido láctico (entre 0,60 e 2,00).

Observa-se, na Tabela 4.8, que o teor de umidade exibiu uma flutuação entre a amostra isenta e as demais adicionadas da lichia em pó, estabelecendo um valor de 71,58% para a amostra concentrada a 11% do saborizante; portanto, um decréscimo de 9,63%. Índices de umidade superiores foram reportados por ANDRADE et al. (2015), para bebidas lácteas fermentadas comercializadas em Belo Horizonte - MG, com valores entre 81,18 a 83,25%. Por sua vez, BEZERRA et al. (2015) relataram valores inferiores para iogurtes probióticos tipo frozen, sintetizados a partir de leite de cabra e polpa em pó de jambolão, com umidade oscilando entre 70,27 e 70,99%. Segundo

ANTUNES et al. (2015), a umidade pode também sofrer decréscimo em função da adição de concentrado proteico de soro (WPC), com valores entre 83,29% (iogurte semidesnatado) e 77,76% (iogurte semidesnatado adicionado de 35% de WPC). Resultados conflitantes foram expressos por MARINHO et al. (2012), quando relataram que o aumento na concentração de polpa de umbu em iogurte sintetizado com leite de cabra induziu conseqüentemente o teor de umidade, embora com oscilações entre as concentrações médias variando de 68,90% (adicionado de 10% de polpa) até 72,98% (adicionado de 15% de polpa).

A análise do parâmetro sólidos totais ou extrato seco total demonstrou que a adição do produto saborizante em forma de pó concorreu positivamente para o acréscimo da matéria seca, com valores crescentes entre a amostra isenta e aquelas adicionadas do produto. Percebe-se ainda que as amostras com concentrações intermediárias não diferiram estatisticamente. Valores aproximados foram descritos por BRAGA et al. (2012), para iogurtes adicionados de 10% de polpa (23,76%) ou 20% de xarope (21,20%) de mangostão. MARINHO et al. (2012) relataram valores mais elevados para iogurtes adicionados da polpa de umbu: 31,09% para amostras produzidas com 10% de polpa e 27,01% para aquelas acrescidas de 15% de polpa. Por outro lado, ANDRADE et al. (2015) descreveram valores entre 16,75 e 18,82% para bebidas lácteas fermentadas coletadas em Belo Horizonte, MG.

A análise de variância do teor de cinzas, relatada na Tabela 4.8, demonstra que apenas a amostra acrescida de 11% do saborizante diferiu das demais amostras: 0,60% para a amostra natural e 0,82% para aquela de maior concentração do pó de lichia. Pode-se inferir que o baixo percentual de cinzas entre as amostras decorre do reduzido teor verificado no pó (Tabela 4.2) eleito para a produção da bebida láctea, não sendo, portanto, em baixas concentrações, capaz de alterar esse parâmetro. Resultados inferiores foram assinalados por MARINHO et al. (2012), para o iogurte adicionado de 10% de polpa (0,42%) e 15% de polpa de umbu (0,64%). De acordo com BRAGA et al. (2012), a adição de 10% de polpa ao iogurte, garantiu um percentual de cinzas superior (0,88%) às encontradas no iogurte acrescido de 20% de xarope de mangostão (0,82%). Para ANTUNES et al. (2015), a adição de concentrado proteico de soro, em iogurtes semidesnatados permitiu um incremento no teor de cinzas, de 0,81% para 1,17%. NERES et al. (2015) não encontraram diferenças significativas para o teor de cinzas entre iogurtes adicionados de 15% de polpa de abacaxi (0,47%) daqueles

produzidos com 15% de polpa e 1,5% de farinha da casca do abacaxi (0,55%). Do mesmo modo, MODESTO JÚNIOR et al. (2016) relataram que para o iogurte grego produzido com leite de búfala e acrescido de diferentes concentrações de caldas de polpa de ginja, o teor de cinzas não exibiu diferenças significativas, com valores médios na ordem de 0,70%.

Tabela 4.8. Parâmetros físicos, químicos e físico-químicos da bebida láctea fermentada integral e adicionada de pó de lichia, para as três diferentes concentrações.

Parâmetro	Bebida láctea a base de lichia				ANOVA	
	Integral	7% lichia	9% lichia	11% lichia	DMS	CV
Umidade (%)	79,21a	74,21c	74,52b	71,58d	0,303	0,19
Sólidos totais(%)	20,78c	25,79b	25,56b	28,41a	0,345	0,66
Cinzas (%)	0,60b	0,70b	0,61b	0,82a	0,107	7,46
Proteínas (%)	3,99a	3,83b	3,44c	3,79b	0,086	1,10
Lipídios (%)	3,81a	3,25b	2,53d	3,01c	0,123	1,87
Acidez (%ác. lácteo)	0,91a	0,91a	0,82b	0,91a	0,038	2,04
pH	4,76c	4,83b	4,81b	5,23a	0,041	0,40
Carboidratos (%)	12,37d	18,00c	19,14b	20,79a	0,637	1,73
Energia (Kcal/100g)	99,78d	116,64b	112,11c	125,41a	1,449	0,61
Açúcares totais (%)	8,39d	10,63c	12,60a	11,00b	0,154	0,69
Cálcio (mg/100 g)	134,46ab	134,16b	131,51c	134,86a	0,408	0,15
Fósforo (mg/100 g)	102,37c	107,03a	92,18d	104,63b	1,570	0,74
Sódio (mg/100 g)	58,88c	63,44b	52,82d	65,32a	1,651	1,31
Ferro (mg/100 g)	0,56a	0,54a	0,54a	0,54a	0,065	5,69
Vitamina C (mg/100 g)	1,32a	1,06b	0,55d	0,81c	0,053	2,73
Luminosidade (L*)	89,39a	77,06a	78,82a	76,93a	15,765	9,32
Int. vermelho. (+a*)	-1,44c	0,73b	0,72b	1,43a	0,160	4,01
Int. amarelo (+b*)	12,50d	15,97a	13,47c	14,34b	0,566	1,92
Croma (C*)	12,58d	15,99a	13,49c	14,41b	0,561	1,89
Ângulo tonalidade (h*)	83,44c	84,28b	86,92a	87,38a	0,757	0,42

DMS – Diferença mínima significativa; CV – Coeficiente de variação; Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, segundo o teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

Foram plotados, na Tabela 4.8, os valores médios obtidos para o teor de proteínas das bebidas lácteas fermentadas integral e formuladas com diferentes concentrações do pó de lichia. Verifica-se que esse parâmetro, apesar das flutuações, exibiu tendência à queda, na medida em que as concentrações do pó eram aumentadas, partindo de 3,99% para a amostra isenta do saborizante e chegando a 3,44% naquela

amostra adicionada de 9% do pó. Para MARINHO et al. (2012), a adição da polpa de umbu em diferentes concentrações não interferiu na carga proteica do iogurte produzido com leite de cabra, exibindo valores de 2,47, 2,30 e 2,31%, para amostras incrementadas com 10%,20% e 30% de polpa, respectivamente. Por outro lado, BRAGA et al. (2012) sinalizaram que o iogurte adicionado de 10% polpa de mangostão possui um teor menor de proteína quando comparado àquele adicionado de 20% do xarope do mesmo fruto. CALDEIRA et al. (2010), avaliaram a carga de proteína em bebida láctea produzida com diferentes concentrações de leite de búfala, soro e iogurte de morango a 5%, constatando que o teor proteico decaiu em função da adição do soro, com valores entre 3,55% (10% de leite; 10% de soro e 80% de iogurte) a 2,96% (10% de leite; 50% de soro e 40% de iogurte). Por sua vez, COSTA et al. (2013) mencionaram que o teor de proteínas em bebida láctea fermentada não exibiu diferenças significativas em função do emprego de estabilizantes ou espessantes, com valores entre 2,21% (adicionado de 1% de goma guar) a 2,58% (gelatina em pó). Ademais, os teores alcançados no presente estudo mostraram-se superiores aos reportados por ANDRADE et al. (2015), quando assinalaram um percentual de proteínas variando de 1,88 a 2,22%, para bebidas lácteas fermentadas disponíveis no comércio de Belo Horizonte.

De acordo com a Tabela 4.8, o teor lipídico das amostras apresentou uma tendência de perda em decorrência da adição do pó de lichia, embora com valores flutuantes, entre 3,81% para a amostra integral e de 2,53% para a amostra formulada com 9% do pó. Assim sendo, todas as amostras atenderam à legislação vigente, que classifica os leites fermentado sem: com creme, integral, semidesnatado e desnatado, onde os teores de gordura deverão ser de no mínimo 6%, entre 5,9 e 3,0%, entre 2,9 e 0,6% e no máximo 0,5%, respectivamente (BRASIL, 2007).

Segundo GALLINA et al. (2011), o uso de diferentes formulações de leites fermentados, com e sem a adição de probióticos e prebióticos, não interfere no teor de gordura, alcançando, naquele estudo, um valor de 2,8% de lipídeos. Estudos sobre a avaliação físico-química de bebidas lácteas fermentadas adicionadas de polpa de umbu registraram um teor lipídico de 2,51% (ARAÚJO & BARBOSA, 2015). NERES et al. (2015) demonstraram que a adição da farinha de casca do abacaxi promoveu uma elevação da carga lipídica de 2,25% (iogurte integral) para 2,65% (adicionado de farinha de casca do abacaxi). Por sua vez, MODESTO JÚNIOR et al. (2016) reportaram que a adição de calda de ginja em diferentes concentrações (10, 20 e 30%) promoveu

declínio, embora oscilante, no teor lipídico de iogurtes formulados com leite de búfala: 42,49% - amostra integral; 39,85% - formulação com 10% de calda; 19,88% - formulação com 20% de calda e 23,37% - formulação com 30% de calda.

Estão descritos na Tabela 4.8 os valores médios referentes ao parâmetro acidez das amostras de leite fermentado natural e adicionado de pó de lichia. Constatou-se que a adição do saborizante não interferiu, de modo geral, no teor de acidez do produto, embora a amostra formulada com a adição de 9% do saborizante tenha exibido um valor (0,82%) estatisticamente distinto das demais (0,91%). Adicionalmente, constatou-se que todas as amostras atenderam à Instrução Normativa nº 46/2007 (BRASIL, 2007), que determina que a acidez para bebidas lácteas fermentadas situe-se na faixa entre 0,6% e 2%.

Esses resultados acerca da acidez assemelham-se aos dados retratados por GUTIERREZ et al. (2012), quando analisaram as características físico-químicas de leites fermentados probióticos adicionados de polpa de morango e ameixa, comercializados no estado de São Paulo. De acordo com esses autores, a acidez obtida variou de 0,95% a 1,15% para as bebidas sabor morango e 1,18% para aquelas sabor ameixa, não havendo diferenças significativas entre ambas. Para as pesquisas realizadas por BARBOSA et al. (2013), o efeito de diferentes concentrações de polpa e aroma artificial na qualidade físico-química e sensorial de iogurte sabor pêssego, permitiu obter valores entre 0,64% e 0,68%. Segundo ANTUNES et al. (2015), a adição de concentrado proteico na proporção de 35%, interferiu no teor de acidez do iogurte semidesnatado, com diferenças significativas entre a amostra isenta do concentrado (0,79%) e aquela adicionada do concentrado (0,94%). Ademais, SILVA et al. (2015) reportaram que a acidez variou entre 0,54 e 0,66% em amostras de cinco marcas comerciais de bebidas lácteas fermentadas comercializadas em Belo Horizonte. NERES et al. (2015) apontaram que a acidez não sofreu influência em relação a adição de farinha de casca de abacaxi, registrando valores de 0,63% para o iogurte contendo 15% de calda de abacaxi 15 e 1,5% da farinha e 0,70% para o iogurte sem a farinha.

Observa-se que, na Tabela 4.8, o parâmetro pH não exibiu diferenças significativas entre as amostras adicionadas de 7 ou 9% do pó de lichia, com valores de 4,83 e 4,81, respectivamente. A amostra contendo 11% foi aquela com pH mais elevado: 5,23 e todas foram estatisticamente superiores a amostra isenta do saborizante, que obteve um valor médio de 4,76. Segundo PAQUIN (2009), o pH de bebidas é

fundamental para a viabilidade probiótica, uma vez que valores abaixo de 4 são prejudiciais para a maioria das cepas. No caso dos Lactobacilos (especialmente *L. acidophilus* e *L. casei*), estes são, via de regra, considerados mais resistentes a meios ácidos que as bifidobactérias, as quais são consideradas sensíveis em valores de pH abaixo de 4,6. THAMER & PENNA (2006) apontaram que o pH de bebidas lácteas pode sofrer alterações em função de uma série de fatores, como: tipo e porcentagem de cultura, a adição de ingredientes e o próprio armazenamento. BRAGA et al. (2012) salientam que, apesar da legislação brasileira não estabelecer uma faixa ideal para esse parâmetro, iogurtes com pH acima de 4,6 têm sua consistência e estabilidade comprometidas e aqueles abaixo de 4,4 permitem maior contração do coágulo, com maior liberação do soro e conseqüentemente, menor hidratação das proteínas. Comparando-se os valores advindos do presente trabalho com os de outros autores, constata-se que os mesmos foram próximos aos reportados por NERES et al. (2015), para iogurtes saborizados com calda de abacaxi (pH = 4,74), bem como aos de GUIMARÃES et al. (2015), para iogurtes saborizados com geleia de goiaba (pH = 4,80 a 5,35). Por outro lado, valores de pH inferiores, entre 4,42 e 4,37, foram assinalados por GALLINA et al. (2011), para amostras de leite fermentado em três formulações com e sem a adição de probióticos e frutooligossacarídeos, assim como por GUTIERREZ et al. (2012), quando pesquisaram leites fermentados probióticos de diferentes marcas, nos sabores morango (pH = 4,07 a 4,12) e ameixa (pH = 3,90 a 4,15). COSTA et al. (2013) registraram que o pH de amostras de bebida láctea fermentada resultantes de dez tratamentos com diferentes proporções de estabilizantes/espessantes oscilou apenas entre 3,95 e 4,07; ANTUNES et al. (2015) elaboraram iogurte semidesnatado, alcançando pH de 4,13 e de 3,93 para o iogurte adicionado de concentrado proteico. De acordo com MODESTO JÚNIOR et al. (2016), a adição da calda de ginja ao iogurte grego provocou diminuição do pH, com valores de 4,13, para a amostra sem adição de calda; 3,90 para amostra adicionada de 10% de calda e 3,63 para as amostras acrescidas de 20 e 30% de calda. Por sua vez, PÁDUA et al. (2017) produziram iogurte adicionado de 10% de polpa de banana e 1% de farinha de casca de jabuticaba, reportando uma variação de pH entre 3,96 e 4,14 durante o período de armazenamento de 29 dias.

A Tabela 4.8 relata que os carboidratos totais exibiram um comportamento de elevação progressiva, relacionado à adição das diferentes concentrações do pó de lichia,

com valores entre 12,37% para a amostra isenta de saborizante e 20,79% para aquelas adicionadas de 11% de pó de lichia, portanto um aumento de aproximadamente 68,06%. Reitera-se que a legislação brasileira para bebidas lácteas fermentadas não estabelece valores para esse parâmetro, embora o Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, fixa um valor máximo de 21,60% para o mesmo (USDA-ARS, 2016). Valores próximos aos obtidos no presente estudo foram averiguados por RODAS et al. (2001) quando analisaram oito marcas diferentes de iogurtes adicionados de frutas em pedaços, polpas ou sucos, cujos valores oscilaram na faixa entre 15,07 a 17,41%. Por sua vez, THAMER & PENNA (2006) trabalharam com diferentes concentrações de soro (45, 50 e 55%) em substituição ao leite em pó, de açúcar (6, 7 e 8%) e de frutooligosacarídeos (1, 2 e 3%), totalizando 12 experimentos, cujos valores de carboidratos variaram entre 12,93 a 16,27%. SANTOS et al. (2014b) demonstraram que a adição de inulina como agente prebiótico de iogurtes, permitiu a obtenção de valores de carboidratos entre 14,07 e 14,29%. Para CAPITANI et al. (2014), os valores de carboidratos em iogurtes probióticos adicionados de polidextrose foram ligeiramente superiores aos assinalados no presente estudo, com índices variando entre 16,6% e 22,7%. Adicionalmente, PACHECO et al. (2015) analisaram a composição centesimal de iogurtes tradicionais e de iogurtes líquidos de diferentes marcas e obtiveram valores entre 9,55 e 15,62%.

Os valores revelados para a energia indicam uma tendência de aumento em função da adição do pó da lichia: para a amostra isenta de saborizante, o valor mensurado foi de 99,78 Kcal/100g enquanto que a amostra formulada com a adição de 11% do pó de lichia tenha alcançado um teor de energia na ordem de 125,41 Kcal/100g, embora se verifiquem flutuações entre as amostras contendo 7% (116,64 Kcal/100g) e 9% (112,11 Kcal/100g). De acordo com o USDA-ARS (2016), o teor máximo de energia para bebidas lácteas fermentadas é de 127 Kcal/100g; assim, todas as amostras produzidas no presente trabalho atendem a essa norma técnica. Segundo RODAS et al. (2001), o valor calórico de oito marcas de iogurtes comercializados no Estado de São Paulo variou entre 87 e 99 Kcal/100g. Por sua vez, RIBEIRO et al. (2014) mensuraram um teor de 61,10 a 63,33 Kcal/100g para iogurtes probióticos, assim como SOUSA et al. (2015a), que estipularam um valor médio de 90,04 Kcal/100g para bebida láctea pasteurizada com adição de ferro, portanto, valores abaixo dos obtidos no presente estudo. Valores próximos (97,78 e 105,05 Kcal/100g) foram alcançados por SANTOS

et al. (2014b) para iogurte adicionado de inulina. Por outro lado, valores superiores (141 Kcal/100g a 167 Kcal/100g) foram reportados por KHOURY et al. (2014), quando avaliaram o teor calórico de iogurtes adicionados de morango e mel, respectivamente.

Estão registrados na Tabela 4.8 os valores médios para o fator açúcares totais, obtidos para a bebida láctea adicionada de pó de lichia, nas diferentes concentrações. Constatou-se que a amostra isenta exibiu um percentual médio de 8,39%, inferior às amostras formuladas com o saborizante, cujo valor máximo (12,60%) foi alcançado para a bebida adicionada de 9% do pó da lichia. Valores inferiores foram assinalados para bebida láctea adicionada de polpa de uva, em estudos realizados por SILVA et al. (2015), quando mensuraram valores de 5,02; 5,12 e 5,08% para formulações adicionadas de 5, 10 e 15% de polpa de uva, respectivamente. Por outro lado, resultados similares (12,76%) foram colhidos por FERREIRA (2012), quando avaliou o teor de açúcares totais em iogurtes probióticos e simbióticos sabor cajá, com índices na faixa de 10,76 a 12,19%, assim como por SOUZA et al. (2017), em pesquisas sobre a caracterização físico-química de iogurte tipo frozen adicionado de 20% de polpa de tamarindo.

No que concerne à composição mineralógica, constatou-se que, apenas para o ferro, não houve diferenças significativas entre todas as amostras, com valores entre 0,56 mg/100 g para a amostra integral e 0,54 mg/100 g para aquelas adicionadas do pó da lichia, ratificando os reduzidos níveis desse mineral observados na Tabela 4.5, quando da caracterização mineral dos pós em diferentes concentrações de maltodextrina. Para os demais minerais, constatou-se uma flutuação em que, embora existam diferenças estatísticas, as mesmas não indicam tendência de elevação ou decréscimo em função do saborizante, com oscilações para o cálcio entre 131,51 a 134,86 mg/100 g; de 92,18 a 107,03 mg/100 g para o fósforo e de 52,82 a 65,32 mg/100 g para o sódio. Esse comportamento oscilante foi reportado por OLIVEIRA (2016), quando realizou a análise mineralógica de iogurte prebiótico de manga. De acordo com SILVEIRA et al. (2017), o acréscimo de biomassa de banana verde nas concentrações de 5, 10 e 15% garantiu um declínio nos níveis de cálcio de 180 a 120 mg/100 g, assim como para o fósforo (100 para 70 mg/100 g) e sódio (12 para 10,5 mg/100 g), entre as amostras nas concentrações de 5 e 15%, respectivamente. Contudo, os valores expressos para os níveis de ferro foram oscilantes: 0,45 mg/100 g para a formulação enriquecida de 5% de biomassa; 0,28 mg/100 g para a amostra adicionada de 10% de biomassa e 0,40 mg/100

g para o lote composto com 15% de biomassa. Por sua vez, PÁDUA et al. (2017) relataram níveis de 110 mg/100 g para o cálcio; 80 mg/100 g para o fósforo; 10mg/100 g para o sódio e 0,84 mg/100 g para o ferro, quando processaram iogurte sabor banana, enriquecido com farinha da casca de jabuticaba.

Estão dispostos na Tabela 4.8 os valores médios do teor de ácido ascórbico obtidos para a bebida láctea fermentada natural e adicionadas do pó da lichia, em diferentes concentrações. A análise dos dados infere que o teor de ácido ascórbico foi mais elevado na amostra isenta do pó (1,32 mg/100 g) em detrimento das demais amostras, sendo aquela adicionada de 9% do pó de lichia, a que teve o valor mais reduzido desse parâmetro (0,55 mg/100 g). Comportamento oscilante e valores similares foram reportados por MARINHO et al. (2012), para iogurte produzido com leite de cabra e enriquecido com polpa de umbu, nas concentrações de 10, 15 e 20%. Segundo esses autores, o teor de ácido ascórbico obtido foi de 0,78 mg/100 g; 0,49 e 0,61mg/100 g, respectivamente. Por outro lado, ARAÚJO et al. (2015) assinalaram um teor médio de 13,97 mg/100 g de ácido ascórbico em bebida láctea fermentada, composta de 28,5% de soro caprino e 44% de leite caprino, adicionada de 15% de polpa de umbu. Ademais, MODESTO JÚNIOR et al. (2016) relataram que o teor de ácido ascórbico em iogurte grego de leite de búfala era de 25,66 mg/100 g, assim como a adição de calda de ginja nas concentrações de 10, 20 e 30% permitiram elevar esse teor para valores médios de 113,38; 122,59 e 141,93 mg/100 g, respectivamente.

De acordo com os valores médios obtidos para o parâmetro luminosidade (L^*), inseridos na Tabela 4.8, a adição de diferentes concentrações do pó da lichia promoveu um moderado declínio, com valores entre 89,39 para a amostra isenta de saborizante e 76,93 para a amostra adicionada de 11% do pó de lichia, insuficientes para que a análise de variância pudesse mensurar diferenças estatisticamente significativas. Segundo CALDEIRA et al. (2010), a luminosidade de bebidas lácteas a base de morango, elaboradas com leite de búfala e diferentes níveis de iogurte e soro lácteo, variou entre 69,32 e 80,05, havendo uma relação positiva entre a luminosidade e a proporção de soro contido na amostra. De acordo com esses autores, produtos com menor quantidade de soro possuem consequentemente maiores teores de gordura e proteína, favorecendo a redução de água livre em função do aumento de sólidos totais e assim, em menor reflexão de luz.

Interessantemente, MARINHO et al. (2012) relataram que a luminosidade (87,26) de iogurtes acrescidos de 15% de polpa de umbu foi estatisticamente superior às amostras com 10% (83,17) e 20% (86,54) do mesmo da mesma polpa. Por sua vez, GUTIERREZ et al. (2012) averiguaram a luminosidade de leites fermentados comercializados no Estado de São Paulo, estipulando valores médios de 66,85 a 69,13 para as amostras saborizadas com morango e 64,23 a 75,36 para o leite fermentado sabor ameixa; não existindo, segundo os autores, diferenças significativas entre os lotes, para o mesmo sabor. De maneira adversa, SILVA et al. (2014), mensurando a luminosidade de bebidas lácteas saborizadas com 5, 10 e 15% de polpa de uva, assinalaram valores médios de 71,29, 69,23 e 67,60 respectivamente. CÉLIA et al. (2017) investigaram a influência do tratamento térmico e do processo de liofilização em iogurtes naturais após sua reconstituição, concluindo que a luminosidade das amostras cujo o leite foi submetido ao processo UHT exibiu médias superiores (92,51) às daquelas processadas por pasteurização (91,32) ou leite refrigerado (90,78). Por sua vez, SILVEIRA et al. (2017) asseguraram que a luminosidade de iogurtes enriquecidos com biomassa de banana verde na proporção de 10% foi superior (88,00) aos dados médios alcançados para o iogurte nas concentrações de 5% (87,12) e 15% (84,44) da mesma biomassa.

A análise do parâmetro intensidade do vermelho (a^*) evidenciou valores negativos, portanto de tonalidade verde (-1,43), apenas para a amostra isenta do saborizante. Para as demais concentrações, valores positivos, embora consideravelmente baixos, foram expressos para o produto adicionado de 7% (0,73) e 9% (0,72) de lichia em pó, portanto, sem diferenças significativas entre as mesmas. Para a amostra de maior concentração de saborizante, teve-se o maior índice alcançado (1,43), indicando reduzida tendência à tonalidade vermelha. Valores próximos foram registrados nos trabalhos realizados por MARINHO et al. (2012), que obtiveram valores entre 0,08 e 0,44, embora inversamente proporcionais à adição de polpa de umbu; valores negativos, entre -1,05 e -0,16, foram reportados também por CÉLIA et al. (2017) para iogurtes naturais, independentemente do tratamento térmico realizado no leite, bem como se o produto fora liofilizado ou reconstituído. Por sua vez, SILVEIRA et al. (2017) encontraram índices de intensidade do vermelho com valores próximo a zero (0,28; 0,27 e 0,88), para iogurtes enriquecidos com biomassa da banana verde, nas proporções de 5, 10 e 15% de biomassa.

Estão plotados na Tabela 4.8 os valores médios para o parâmetro intensidade do amarelo (+b*) para a amostra de bebida láctea natural (12,50), bem como para aquelas adicionadas de pó de lichia, nas concentrações de 7% (15,97), 9% (13,47) e 11% (14,34). A análise dos dados demonstra oscilações, sem uma tendência clara de acréscimo ou redução em função do saborizante. Esse comportamento corrobora os dados oriundos das pesquisas realizadas por MARINHO et al. (2012), quando assinalaram valores maiores para amostra acrescidas de 10 e 20% polpa de umbu (21,11 e 21,20, respectivamente), em detrimento daquela adicionada de 15% da mesma polpa (18,76). Concomitantemente, SILVA et al. (2017) estabeleceram que para bebida láctea adicionada de polpa de uva, não houve diferenças significativas entre as amostras enriquecidas com 5% (4,70) e 10% (4,53), com redução para 3,43 para a amostra contendo 15% do saborizante. Por sua vez, CÉLIA et al. (2017) encontraram diferenças estatisticamente significativas para a intensidade do amarelo, em relação ao tratamento térmico do leite, com valores de 15,16, 13,45 e 12,16, para os leites crus refrigerados, pasteurizados e tratados por UHT, respectivamente. SILVEIRA et al. (2017) indicaram que, nos iogurtes enriquecidos com biomassa da banana verde, a amostra com maior teor de saborizante (15%) exibiu maior tendência à tonalidade amarela (13,73) em detrimento das amostras com 5 e 10% de biomassa (12,63 e 13,31, respectivamente).

Na análise do croma (C^*), que corresponde à intensidade ou saturação da cor, observa-se que a bebida láctea apresentou cor forte e viva, obtendo os menores valores para a amostra integral (12,58), embora os valores médios das formulações tenham exibido valores flutuantes entre 13,49 (amostra adicionada de 9% de pó de lichia) e 15,99 (amostra adicionada de 7% do pó). Valores menores correspondem a um padrão de cor mais fraco “aspecto fosco” e valores maiores a um padrão de cor mais forte “cores vivas”. Valores inferiores foram mensurados por SILVA et al. (2014) para bebida láctea de uva. De acordo com esses autores, concentrações de saborizante na ordem de 5% exibiram um valor do croma estatisticamente inferior (5,73) em detrimento das amostras com 10% de polpa (7,23) e 15% de polpa (6,96). COUTO et al. (2016), em estudos sobre o croma de bebidas lácteas fermentadas enriquecidas com polpa de murici e farinha de casca de maracujá, constataram que a adição da farinha promoveu elevação desse parâmetro, de 20,37 na amostra sem farinha, para 23,35 para a amostra adicionada. PÁDUA et al. (2017) estabeleceram um valor do croma de entre

8,45 e 9,45 em amostras de iogurte sabor banana enriquecido com farinha da casca de jabuticaba.

Em relação ao ângulo de tonalidade ou ângulo *Hue*, a Tabela 4.8.1 demonstrou que esse parâmetro foi diretamente afetado pela adição do saborizante, embora as amostras com maiores concentrações do pó não tenham diferido estatisticamente (87,38 e 86,92 para as amostras com 11 e 9% de lichia em pó, respectivamente). Para a amostra contendo 7% do pó, os valores médios obtidos foram de 84,28; diferindo estatisticamente também da amostra isenta do saborizante, que obteve o menor índice (83,44). Segundo COUTO et al. (2014), bebidas lácteas adicionadas de polpa de murici exibiram um valor para o ângulo *Hue* maior (85,30) do que as amostras tratadas com polpa de murici e 1,5% de farinha de casca de maracujá ($h^* = 80,13$). Adicionalmente, SILVA et al. (2014) estimaram que o ângulo *Hue* de bebidas lácteas diminuiu em função da adição da polpa de uva, com valores de 55,11 para as amostras enriquecidas com 5% de polpa e 29,51 para aquelas incrementadas com 15% da mesma polpa. Valores inferiores foram obtidos por PÁDUA et al. (2017), que mensuraram o ângulo *Hue* de iogurtes sabor banana enriquecido com farinha da casca de jabuticaba em 6,51.

4.9 Caracterização reológica da bebida láctea a base de lichia.

4.9.1 Comportamento da viscosidade aparente

Estão descritos, na Tabela 4.9.1, os valores médios das viscosidades aparentes, tensão de cisalhamento e taxa de deformação para a bebida láctea integral e adicionada do pó de lichia, nas concentrações de 7, 9 e 11%, determinados na temperatura de 5 °C, em diferentes velocidades de rotação.

Constatou-se que as amostras integrais exibiram uma viscosidade aparente inicial menor que aquelas com a adição do pó de lichia, embora não haja, entre estas, uma relação nítida de elevação da viscosidade aparente em função da concentração do pó. Ademais, verifica-se que, para todas as amostras, essa viscosidade aparente decaiu em função do aumento da velocidade de rotação, não havendo diferenças estatisticamente significativas entre as mesmas, para a velocidade de 200 rpm, permitindo assim determinar um comportamento reológico de um fluido pseudoplástico para todas as amostras.

Esses resultados coadunam-se com o comportamento do iogurte de abacate adicionado de extrato de soja em diferentes concentrações. Estudos elaborados por GUIMARÃES & CALADO (2014) relataram viscosidade aparente inicial de 5500 mPa.s, decaindo para uma faixa de 500 a 1000 mPa.s a partir da velocidade de 10 rpm, mantendo-se nesse nível até a velocidade final de 60 rpm. Similarmente, NUNES et al. (2014) evidenciaram uma redução da viscosidade aparente da bebida de soja, sabor iogurte com polpa de morango na temperatura de 5 °C, com valores de 735 a 112 mPa.s, para velocidade de rotação inicial de 10 e final de 200 rpm.

Tabela4.9.1. Viscosidade aparente (mPa.s) da bebida láctea integral e adicionada de diferentes concentrações de lichia em pó, em função da velocidade de rotação (rpm)

rpm	Bebida láctea			
	Integral	Adicionada (7%)	Adicionada (9%)	Adicionada (11%)
20	250,00 aD	375,00 aA	350,00 aB	316,66 aC
40	162,50 bC	237,50 bA	204,16 bB	187,50 bB
50	146,66 bcC	200,00 cA	173,33 cB	160,00 cBC
60	136,10 cdC	179,20 cA	155,56 cdB	141,70 cdBC
80	116,70 deB	153,00 dA	131,30 deB	118,80 deB
100	103,33 efB	132,50 deA	111,66 efB	105,00 efB
120	90,30 fgB	118,75 efA	100,00 fgAB	91,66 fgB
140	84,50 fghB	107,15 fgA	88,10 fghB	82,13 fghB
150	78,90 ghB	100,00 fghA	83,33 ghAB	77,80 ghB
160	76,03 ghB	95,30 fghA	77,10 ghAB	73,96 ghB
180	70,33 ghA	86,15 ghA	71,30 hA	68,50 ghA
200	65,00 hA	80,00 hA	67,50 hA	63,33 hA

Médias seguidas das mesmas letras minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Por outro lado, GUIMARÃES et al. (2016) reportaram que a viscosidade aparente do iogurte formulado com 3% de cultura láctea e adicionado de polpa integral de goiaba, nas concentrações de 10 e 15%, foi maior para aquelas amostras mais concentradas, assim como nos experimentos conduzidos por HASSAN et al. (2015), com iogurtes adicionados de mucilagem de sementes de agrião ou goma guar exibiram viscosidade aparente maior, à medida em que se aumentou o teor dos polissacarídeos. Por fim, PACHECO et al. (2017) afirmaram que a viscosidade aparente de bebidas fermentadas aumenta em função da proporção de soro de leite adicionado.

4.9.2 Aplicação dos modelos reológicos

Na Tabela 4.9.2 estão descritos os valores dos parâmetros dos modelos reológicos de Ostwald-de-Waele (Lei da Potência), Herschel-Bulkley, Mizrahi-Berk e Casson, o coeficiente de determinação (R^2), bem como os desvios percentuais médios (P), para a bebida láctea integral e formulada com a adição de diferentes concentrações de lichia em pó, na temperatura de 5 °C.

Tabela 4.9.2. Parâmetros, coeficiente de determinação (R^2) e desvios percentuais médios (P) dos modelos reológicos ajustados aos reogramas das bebidas lácteas integral e adicionadas do pó de lichia em diferentes proporções, referente à temperatura de 5°C

Modelos	Bebida láctea	Parâmetros			R^2	P (%)
		K	n			
Ostwald-de-Waele (Lei da Potência)	Integral	0,7466	0,3990		0,9952	1,45
	7% de lichia	1,2529	0,3210		0,9913	1,69
	9% de lichia	1,1831	0,2872		0,9928	1,42
	11% de lichia	0,9779	0,3192		0,9777	2,06
	Bebida láctea	τ_{OH}	K_H	n_H	R^2	P (%)
Herschel-Bulkley	Integral	-1,2345	1,6639	0,2694	0,9970	1,15
	7% de lichia	-2,0004	2,9060	0,2007	0,9930	1,60
	9% de lichia	-0,6640	1,7279	0,2328	0,9931	1,45
	11% de lichia	0,8925	0,3767	0,4876	0,9804	1,72
	Bebida láctea	K_{OM}	K_M	n_M	R^2	P (%)
Mizrahi-Berk	integral	-2,0384	2,7758	0,0882	0,9973	0,55
	7% de lichia	-1,2126	2,2620	0,0970	0,9930	0,81
	9% de lichia	-0,4118	1,4747	0,1156	0,9934	0,71
	11% de lichia	0,8478	0,2693	0,3364	0,9820	0,86
	Bebida láctea	K_{OC}	K_C		R^2	P (%)
Casson	integral	0,9369	0,1365		0,9796	1,55
	7% de lichia	1,2242	0,1258		0,9724	1,59
	9% de lichia	1,1905	0,1033		0,9776	1,18
	11% de lichia	1,0917	0,1084		0,9795	1,07

Em que: τ -Tensão de cisalhamento (Pa); τ_0 , K_{OC} – Tensão de cisalhamento inicial (Pa); K, K_H , K_M – Índice de consistência (Pa.sⁿ); K_C –Viscosidade plástica de Casson (Pa.s); n, n_H , n_M – Índice de comportamento do fluido (adimensional); K_{OM} - Raiz quadrada da tensão inicial (Pa); K_{OH} - Raiz quadrada da tensão inicial (Pa)^{0.5}

A observância dos coeficientes de determinação evidencia que todos os modelos foram satisfatoriamente ajustados aos dados experimentais, com $R^2 \geq 0,9724$ e $P \leq 2,06$, permitindo assim utilizar qualquer um desses modelos para estimativa dos reogramas. Dentre os modelos implementados, aquele que exibiu o melhor ajuste aos dados experimentais foi o de Mizrahi-Berk, uma vez que se obtiveram os maiores coeficientes de determinação ($R^2 > 0,98$) e os menores percentuais de desvio médio ($P < 0,86$) para todas as amostras.

Verificou-se que o índice de comportamento do fluido (n) exibiu valores inferiores a 0,48, considerando-se todas as amostras e modelos reológicos. De acordo com SCHRAMM (2006), as relações entre a taxa de cisalhamento e a tensão de cisalhamento são fundamentais em estudos reológicos: havendo linearidade ($n = 1$), o fluido é considerado newtoniano e tem sua viscosidade constante, independentemente da taxa ou tensão aplicadas. Contudo, se essa relação não é linear ($n \neq 1$), o fluido é denominado não newtoniano, podendo ser ainda classificado como pseudoplástico ($n < 1$) ou dilatante ($n > 1$). Assim, os resultados obtidos no presente estudo permitem afirmar que a bebida láctea exibiu um comportamento pseudoplástico, conforme se observa na figura 4.6. Na indústria, este comportamento se reflete no aumento de velocidade de fluxo quando submetido a estreitamento de tubos, durante o envase, bem como na melhoria da homogeneização em processos de mistura (PACHECO et al. 2017).

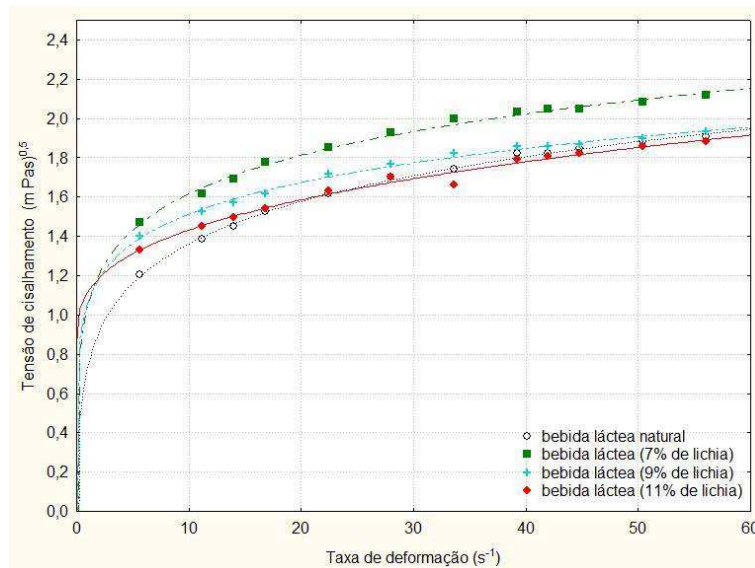


Figura 4.6 Tensão de cisalhamento em função da taxa de deformação da bebida láctea natural e adicionada de pó liofilizado de lichia, nas diferentes concentrações, com ajuste do modelo de Mizrahi-Berk.

Especificamente para o modelo de melhor ajuste (Mizrahi-Berk), o índice de comportamento de fluido (n) demonstrou gradual elevação, na medida em que se elevou a concentração do pó de lichia, variando de 0,08 a 0,33, valores próximos aos relatados por GURJÃO et al. (2017) para o mesmo modelo, quando avaliaram o comportamento reológico de iogurte de polpa de cajá, cujos valores foram entre 0,41 e 1,39. Por sua vez, o índice de consistência (K_M) exibiu comportamento decrescente em função da elevação da concentração. Para outros trabalhos acerca da reologia de iogurtes ou outras bebidas lácteas, foi registrado que esse índice também pode decair em função do aumento da temperatura. (GURJÃO et al., 2017;) ou do tipo de espessante (MATHIAS et al., 2013; PACHECO et al., 2017).

5 CONCLUSÕES:

- ✓ A caracterização física, química e físico-química da polpa de lichia integral apresentou valores condizentes com a maioria dos padrões afixados pela legislação para a referida fruta, apenas com os níveis de ácido ascórbico abaixo do que preceitua o padrão de identidade de qualidade, destacando-se o elevado teor de umidade e carboidratos;
- ✓ As amostras integral e formuladas para as diferentes concentrações de maltodextrinas apresentaram diferenças estatisticamente significativas entre si: a polpa integral exibiu maiores valores médios de umidade, acidez total titulável, proteínas, cinzas, ácido ascórbico e intensidade do vermelho e croma em detrimento das amostras formuladas. Por outro lado, as amostras contendo 25% do aditivo exibiram maiores valores de sólidos totais, atividade de água, sólidos solúveis totais, pH, ratio, lipídeos, valor calórico, luminosidade, intensidade do amarelo e ângulo de tonalidade;
- ✓ A polpa integral e as formuladas caracterizaram-se como fluído não newtoniano, de caráter pseudoplástico; para fins de ajustes aos modelos reológicos, o modelo de Mizrahi-Berk foi o que apresentou maiores índices de coeficiente de determinação R^2 e menores valores para os desvios percentuais médios.
- ✓ Dentre as amostras liofilizadas, a formulação adicionada a 25% de maltodextrina exibiu maiores valores médios para sólidos totais, sólidos solúveis totais, ratio, lipídeos, carboidratos, açúcares totais e não redutores, valor calórico total, solubilidade, luminosidade, ângulo de tonalidade, diferença total de cor, molhabilidade e, por outro lado, essa mesma amostra apresentou menores índices de umidade, atividade de água, pH, densidade compactada, higroscopicidade, fator de Hausner e índice de compressibilidade, o que justificou sua escolha como o pó de melhores características físicas, químicas e físico-químicas;

- ✓ Os modelos de GAB e Oswin exibiram os melhores ajustes às isotermas de adsorção de umidade da polpa de lichia liofilizada com adição de 25% de maltodextrina, apresentando maiores coeficientes de determinação e menores desvios percentuais médios para as temperaturas de 30 e 40 °C, permitindo classificá-las como isotermas do tipo III.

- ✓ A análise da microscopia eletrônica de varredura evidenciou estruturas amorfas, aglomerado de partículas, sem planos simétricos ou granulometria nítida; elevada rugosidade, com grande porosidade, certamente relacionados ao elevado teor de açúcares;

- ✓ Os parâmetros físicos, químicos e físico-químicos dos pós de lichia adicionados de 25% de maltodextrina sofreram diferenças estatisticamente significativas no decorrer do tempo de armazenamento e, mais enfaticamente, em função da temperatura, destacando-se as elevações da umidade, atividade de água e croma. Por outro lado, foi registrada a redução dos sólidos solúveis totais, da acidez total titulável, do ratio, da ácido ascórbico e da luminosidade.

- ✓ As bebidas lácteas probióticas formuladas com diferentes concentrações do pó liofilizado de lichia registraram, em linhas gerais, que o gradiente de adição do saborizante alterou aspectos físicos, químicos e físico-químicos do produto, destacando-se a elevação dos sólidos totais, cinzas, acidez em ácido láctico, pH, carboidratos, valor energético total, luminosidade, intensidade do vermelho e ângulo de tonalidade. Por outro lado, evidenciou-se a redução da umidade e dos níveis de ácido ascórbico.

- ✓ As bebidas lácteas adicionadas de diferentes concentrações do saborizante caracterizaram-se como fluído não newtoniano, de caráter pseudoplástico; o modelo reológico mais adequado foi o de Mizrahi-Berk, pois apresentou maiores índices de coeficiente de determinação R^2 e menores valores para os desvios percentuais médios.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADITIVOS & INGREDIENTES. **Maltodextrinas: características estruturais e aplicações**. Disponível em http://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201603/2016030046347001459191801.pdf. acesso em 20/01/2017.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Isotermas de adsorção da umidade de pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, n.1, p.11-20, 2007.

ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; OLIVEIRA, E. N. A. Armazenamento de pitanga em pó. **Comunicata Scientiae**, v.5, n.1, p.83-91, 2014.

ALVES, C. C. O.; RESENDE, J. V.; CRUVINEL, R. S. L.; PRADO, M. E. T. Estabilidade da microestrutura e do teor de carotenóides de pós obtidos da polpa de pequi (*Caryocar brasiliense* Camb.) liofilizada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.4, p.830-839, 2008.

AMARAL, I. C.; RESENDE, J. V.; BRAGA JÚNIOR, R. A.; LIMA, R. R. Evaluation of the adsorption behavior of freeze-dried passion fruit pulp with added carriers by traditional biospeckle laser techniques. **Drying Technology**, v.35, n.1, p.55-65, 2017.

ANDRADE, E. H. P.; SILVA, N. M. A.; RESENDE, M. F. S.; SOUZA, M. R.; FONSECA, L. M.; CERQUEIRA, M. M. O. P.; PENNA, C. F. A. M.; LEITE, M. O. Microbiological and physical-chemical characteristics of fermented milk beverages. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.67, n.6, p.1735-1742, 2015.

ANDRADE JÚNIOR, V. C.; GUIMARÃES, A. G.; AZEVEDO, A. M.; PINTO, N. A. V. D.; FERREIRA, M. A. M., Conservação pós-colheita de frutos de morangueiro em diferentes condições de armazenamento. **Horticultura Brasileira**, v.34, p.405-411, 2016.

ANDRADE, P. F. S. **Fruticultura - Análise da conjuntura agropecuária**, SEAB – Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento do Paraná, Curitiba 2017.

ANJOS, V. D. A.; VALENTINI, S. R. T.; BENATO, E. A. Influência de tratamento térmico e sistemas de embalagens na qualidade de lichia 'Bengal'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.4, p.820-827, 2014

ANTUNES, A. R.; FARINA, L. O.; KOTTWITZ, L. B. M.; PASSOTTO, J. A. Desenvolvimento e caracterização química e sensorial de iogurte semidesnatado adicionado de concentrado protéico de soro. **Revista do Instituto Laticínios Cândido Tostes**, v.70, n.1, p.44-54, 2015.

ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução da diretoria colegiada – RDC n. 272, de 22 de setembro de 2005. **Dispõe sobre o “regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis”**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2005.

APHA (American Public Health Association). **Standard Methods For The Examination Of Dairy Products**. 16. ed. Washington: APHA, 1992.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of Analysis**. 18 ed, 3 review, Washington, USA: AOAC, 2010. 1094 p.

- ARAÚJO, A. L. M. **Polpa de jambolão (*Syzygium cumini*) desidratada por liofilização e secagem em leito de jorro: caracterização físico-química e funcional e impacto da secagem.** 2014. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Dissertação de Mestrado.
- ARAÚJO, N. G.; BARBOSA, F. F. Bebida láctea com leite caprino e soro caprino é alternativa para aproveitamento da polpa de umbú. **Revista de Laticínios Cândido Tostes**, v.70, n.2, p.85-92, 2015.
- BARBOSA, A. F.; LOPES, F. J.; SILVA, V. R. O.; SILVA, M. H. L.; MINIM, V. P. R.; SILVA, R. C. S. N. Aceitação sensorial de iogurte sabor pêssego acrescido de diferentes concentrações de aroma e polpa por meio da técnica de mapa de preferência. **Revista de Laticínios Cândido Tostes**, v.390, n.68, p. 2-58, 2013
- BARROSO, A. J. R.; ALMEIDA, F. de A. C.; SILVA, L. M. M.; CASTRO, D. S.; FIGUEIREDO NETO, A. Influence of maltodextrin on physicochemical characteristics of lyophilized mangaba pulp. **Journal of Agricultural Science**, v.9, 2017.
- BASTOS, D. C.; SCARPARE FILHO, J. A.; FATINANSI, J.C; PIO, R.; SPÓSITO, M. B.A **cultura da lichia**. Piracicaba, DIBD/ESALQ. 23p. (Boletim Técnico, 26), 2004.
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A. Comparison of meta-phosphoric and oxalic acids as extractant solutions for the determination of vitamin C in selected vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.31, n.4, p.507-513, 1998.
- BEZERRA, M.; ARAUJO, A.; SANTOS, K.; CORRELA, R. Caprine frozen yoghurt produced with fresh and spray dried jambolan fruit pulp (*Eugenia jambolana* Lam) and *Bifidobacterium animalis* subsp. lactis B1-07. **LWT Food Science and Technology**, v.62, p.1099-1104. 2015.
- BEZERRA, T. S. **Caracterização física, química e morfológica da polpa de marolo liofilizada**. 140p. Universidade Federal de Lavras, 2013. Tese de Doutorado.
- BEZERRA, T. S.; PEREIRA, C. G.; PRADO, M. E. T.; VILAS-BOAS, E. V. B.; RESENDE, J. V. Induction of crystallization influences the retention of volatile compounds in freeze-dried marolo pulp, **Drying Technology**, v.1, p.1-13, 2017.
- BLAHOVEC, J. Sorption isotherms in materials of biological origin mathematical and physical approach. **Journal of Food Engineering**, v. 65, n. 4, p. 489-495, 2004
- BLIGH, E. G.; DYER, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal Biochemistry Physiology**, Ottawa, v.37, n. 8, p. 911-917, 1959.
- BOBBIO, F. O.; BOBBIO, P. A. **Manual de laboratório de química de alimentos**. 1. ed. São Paulo: Varela, 2003. 135p.
- BRAGA, A. C. C.; ASSIS NETO, E. F. de; VILHENA, M. de J. V. Elaboração e caracterização de iogurtes adicionados de polpa e de xarope de mangostão (*Garcinia mangostana* L.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, n.1, p.77-84, 2012.
- BRANCO, I. G. **Estudo do comportamento reológico de misturas ternárias com sucos de manga, laranja e cenoura**. UNICAMP. 2001. 161p.Tese de Doutorado
- BRANNAN, R .G.; WANG, G. Effect of frozen storage on polyphenol oxidase, antioxidant content, and color of pawpaw (*Asimina Triloba* [L.] Dunal) fruit pulp. **Journal of Food Research**,v.6, n.3, p.93-101. 2017.

BRASIL. Ministério de Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Métodos químicos e físico-químicos para análises de alimentos**. Brasília: Ministério da Saúde, 2008. 1017p

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Métodos analíticos oficiais físico-químicos para controle de leite e produtos lácteos**. Instrução Normativa nº 68 de 12 de dezembro de 2006 do Diário Oficial da União, Poder Executivo, Brasília, DF, 14 de dezembro de 2006. Seção 1, página 8. Secretaria de Defesa Agropecuária. Departamento de Inspeção de Produtos de origem Animal.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 46 de 23 de outubro de 2007. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de leites fermentados**. Diário Oficial da União, Brasília, 24 out. 2007, Seção 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria 58/2016 de 30 de agosto de 2016. **Projeto de Instrução Normativa e Anexo que visam estabelecer em todo território nacional a complementação dos padrões de identidade e qualidade de polpa de fruta, MAPA. D.O.U.** – Diário Oficial da União, Brasília, 1 de setembro de 2016.

BREDA, C. A.; JUSTI, P. N.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J. Efeito da desidratação foam mat na retenção da vitamina C. da polpa de cajamanga. **Brazilian Journal of Food Nutrition**, v.24, n.2, p.189-193, 2013.

CABRAL, T. A.; CARDSOSO, L. M.; PINHEIRO-SANT'ANA, H. M. Chemical composition, vitamins and minerals of new cultivar of lychee (*Litchi chinensis* cv Tailandes) grown in Brazil. **Fruits**, v.69, p.425-434, 2014.

CAI, Y. Z.; CORKE, H. Production and properties of spray-dried *Amaranthus* betacyanin pigments. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 65, n. 6, p. 1248-1252, 2000.

CALDEIRA, L. A.; FERRÃO, S. P. B.; FERNANDES, S. A. A.; MAGNAVITA, A. P. A.; SANTOS, T. D. R. Desenvolvimento de bebida láctea sabor morango utilizando diferentes níveis de iogurte e soro lácteo obtidos com leite de búfala. **Ciência Rural**, v.40, n.10, p.2193-2198, 2010.

CALISKAN, G.; DIRIM, S.N. The effect of different drying processes and the amounts of maltodextrin addition on the power properties of sumac extract powers. **Power Technology**, v.287, p.308-314, 2016.

CAMPOS, A. R. N.; SILVA, F. L. H.; GOMES, J. P.; OLIVEIRA, L. S. C.; OLIVEIRA, M. M. Isotermas de adsorção e calor isostérico da palma forrageira enriquecida proteicamente. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.6, p.734-740, 2009

CANO-CHAUCA, M.; STRINGHETA, P. C.; RAMOS, A. M.; CAL-VIDAL, J. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. **Innovative Food Emerging Technologies**, v.6, p.420-428, 2005.

CANUTO, G. A. B.; XAVIER, A. A. O.; NEVES, L. C.; BENASSI, M. T. Caracterização físico-química de polpas de frutos da Amazônia e sua correlação com a atividade anti-radical livre. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.32, n.4, p.1196-1205, 2010.

CANUTO, H. M. P.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Hygroscopic behavior of freeze-dried papaya pulp power with maltodextrin. **Acta Scientiarum Technology**, v.36, n.1 p.179-185, 2014.

- CAPARINO, O. A.; TANG, J.; NINDO, C. I.; SABLANI, S. S.; POWERS, J. R.; FELLMAN, J. K. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine 'Carabao' var.*) powder. **Journal of Food Engineering**, v.111, p.135-148, 2012.
- CAPITANI, C.; HAUSCHILD, F. A. D. H.; FRIEDRICH, C. J.; LEHN, D. N. Caracterização de iogurtes elaborados com probióticos e fibra solúvel. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.8, n.2, p.1285-1300, 2014.
- CAPRISTE, G. H.; ROTSTEIN, E. Prediction of sorptional equilibrium data for starch-containing foodstuffs. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 47, n. 5, p. 1501-1507, 1982.
- CARLOS, L. A.; RESENDE, J. V.; CAL-VIDAL, J. Redução da higroscopicidade de pós liofilizados pela indução da cristalização em soluções-modelo de açúcares constituintes de frutas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.2, p.163-173, 2005.
- CARNEIRO, B. L. A. **Estabilidade química e funcional dos compostos bioativos da polpa de buriti congelada, liofilizada e atomizada**. 2016. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016. Dissertação de Mestrado.
- CARVALHO, C.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; TREICHEL, M.; FILTER, C. F. **Anuário Brasileiro da Fruticultura**, 1 ed. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2017a.
- CARVALHO, C. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. de, QUEIROZ, A. J. de M.; GURJÃO, F. F. Caracterização do pó de umbu-cajá com leite de cabra e maltodextrina obtido pelo método de secagem em spray-dryer. **Tecnologia & Ciencia Agropecuária**, v.11, n.2, p.37-42, 2017b.
- CARVALHO, L. R. de; PINHEIRO, B. E. C.; VIEIRA, G.; MAGALHÃES, J. T. de. Análise da qualidade higiênico-sanitária de frutas desidratadas a serem utilizadas em formulação de chocolate caseiro. In: Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita de Frutos Tropicais, 1., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: SBPCFT, 2005. CD-Rom
- CASTRO, T. M. N.; ZAMBONI, P. V.; DOVADONI, S.; CUNHANETO, A.; RODRIGUES, L. J. Parâmetros de qualidade das polpas de frutas congeladas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.74, n.4, p.426-436, 2015.
- CATELAM, K. T.; TRINDADE, C. S. F.; ROMERO, J. T. Water adsorption isotherms and isosteric sorption heat of spray-dried and freeze-dried dehydrated passion fruit pulp with additives and skimmed milk. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, n.6, p.1196-1203, 2011.
- CAVALCANTE, C. E. B.; RODRIGUES, S.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Avaliação dos parâmetros de secagem da polpa de graviola em pó obtida por secagem em *spray dryer*. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, p.1-8, 2017.
- CEBALLOS, A. M.; GIRALDO, G. I.; ORREGO, C. E. Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried sour sop fruit pulp. **Journal of Food Engineering**, v.111, n.2, p.360-365, 2012.
- CÉLIA J. A.; SILVA, M. A. P.; OLIVEIRA, K. B.; SOUZA, D. G.; SILVA, L. C. M.; NICOLAU, E. S.; SILVA, J. A. G. Influência do tratamento térmico nas características físico-químicas e reológicas de iogurtes naturais. **Semina: Ciências Agrárias**, v.38, n.4, p.2489-2504, 2017.

- CHAIKHAM, P.; RATTANASENA, P.; PHUNCHAIRSI, C.; SUDSANOR, P. Quality changes of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.) in syrup due to thermal and high pressure processes. **LWT-Food Science and Technology**, v.75, p.751-760, 2017.
- CHANG, J. C.; LIN, T.S. GA3 increases fruit weight in 'Yu Her Pau' litchi, **Science Horticulture**, v.108, p.442-443, 2006.
- CHAVES-MONTES, B. E.; CHOPLIN, L.; SCHAER, E. Rheological characterization of wet food foams. **Journal of Texture Studies**, v.38, p.236-252, 2007.
- CHEN, D.; LIU, S.Q. Transformation of chemical constituents of lychee wine by simultaneous alcoholic and malolactic fermentations. **Food Chemistry**, v.196, p.988-995, 2016.
- CHENG, F.; NING, M.; MO, J.; LLIANG, Y. Determination of trace elements in lychee of different growth periods. **Guang Pu**, v.22, n.4, p.676-678, 2002.
- COMUNIAN, T. A.; MONTERREY-QUINTERO, E. S.; THOMAZINI, M.; BALIEIRO, J. C. C.; PICCONE, P.; PITTIA, P.; FAVARO-TRINDADE, C. S. Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried chlorophyllide, a natural food colourant, using gum Arabic, maltodextrin and soy protein isolate-based carrier systems. **International Journal of Food Science and Technology**, v.46, n.6, p.1259-1265, 2011.
- CONEGERO, J.; RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C.; MONTEIRO, A. R. G. Stability of 'mangaba' pulp powder obtained by freeze drying. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.21, n.9, p.645-650, 2017.
- COSTELL, E.; DURÁN, L. Reología físico química de los zumos y purés de frutas. Madrid. **Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos**, v.22, n.1, p.81-94, 1982.
- COSTA, A. V. S.; NICOLAU, E. S.; TORRES, M. C. L.; FERNANDES, P. R.; ROSA, S. I. R.; NASCIMENTO, R. C. Desenvolvimento e caracterização físico-química, microbiológica e sensorial de bebida láctea fermentada elaborada com diferentes estabilizantes/espessantes. **Semina: Ciências Agrárias**, v.34, n.1, p.209-226, 2013.
- COSTA, J. P.; ROCHA, E. M. F. F.; COSTA, J. M. C. Study of the physicochemical characteristics of soursop powder obtained by spray-drying **Food Science and Technology**, v.34, n.4, p.663-666, 2014.
- COUTINHO, A. P. C. **Produção e caracterização de maltodextrinas a partir de amidos de mandioca e batata-doce**. 137p. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2007. Tese de Doutorado.
- COUTO, G. V. L.; SILVA, M. A. P.; PADUA, H. C.; SOUZA, D. G.; MOURA, L. C.; PLÁCIDO, G. R.; CALIARI, M.; LIMA, M. S.; NASCIMENTO, L. E. C.; SILVA, N. M.; FREITAS, B. S. M. Fermented milk drink flavored with Murici pulp added of passion fruit bark flour. **African Journal of Agricultural Research**, v.11, n.35, p.3320-3331, 2016.
- DACANAL, G. C.; MENEGALLI, F. C. Experimental study and optimization of the agglomeration of acerola powder in a conical fluid bed. **Powder Technology**, v.188, n.3, p.187-194, 2009.

- DENG, X. M.; HAN, Z. H.; LI, S. H. **Fruit tree biology**. P 141, 1999. In: MENZEL, C. M.; WAITE, G. K. Lichi and Longan: botany, cultivation and uses. Queensland, Austrália: CABI Publishing, 2005.
- DIAUTO, E. R.; TREMOCOLDI, M. A.; ALENCAR, S. M. D.; VIEITES, R. L.; MINARELLI, P. H. Composição química e atividade antioxidante da polpa e resíduos de abacate 'Hass'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, n.2, p.417-424. 2014.
- DIÓGENES, A. M. G.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; SOUSA, A. B. B. Análise comparativa das polpas de manga 'Haden' integral e formulada. **Agropecuária Técnica**, v.36, n.1, p.30-34, 2015.
- DUARTE, M. H.; QUEIROZ, E. R.; ROCHA, D. A.; COSTA, A. C.; ABREU, C. M. P. Qualidade de pitaiá (*Hylocereus undatus*) submetida à adubação orgânica e armazenada sob refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.20, p.1-11, 2017.
- ENDO, E.; BORGES, S. V.; DIAUDO, E. R.; CEREDA, M. P.; AMORIM, E.; Avaliação da vida de prateleira do suco de maracujá (*Passiflora edulis* f. flavicarpa) desidratado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.27, n.2, p.382-386, 2007.
- EZHILARASI, P. N.; INDRANI, D., JENA, B. S., ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Freeze drying technique for microencapsulation of *Garcinia* fruit extract and its effect on bread quality. **Journal of Food Engineering**. v. 117, n.4, p.513-520, 2013
- FAO - Food and Agriculture Organization. Disponível em: <http://www.fao.org/home/en/> acesso em 02 de janeiro de 2018.
- FAO- Food and Agriculture Organization. **Working group report on drafting guidelines for the evaluation of probiotics in food**. Ontario, Canada; 2002.
- FEITOSA, R. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; SOUZA, E. P. SILVA, V. M. Viscosidade aparente da polpa de murta integral em diferentes temperaturas. **Revista Caatinga**, v.28, n.4, p.235-243, 2015.
- FEITOSA, R. M.; LIMA, F. C. S.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. AMADEU, L. T. S. Maltodextrina: Efeitos causados as propriedades físico-química da murta. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v.7, n.2., p.104-109, 2017.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia do processamento de alimentos: Princípios e prática**. 2º ed. Porto Alegre: Artmed. 2006. 602p.
- FENNEMA, O. R. **Química de los alimentos**. 2º ed. Zaragoza: Acribia, 2000. 1258p.
- FERNANDES, T. K. S.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; MELO, K. S.; BEZERRA, M. C. T. Estudo do comportamento reológico da polpa de umbu-cajá em função da concentração de maltodextrina. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.10, n.2, p.171-180, 2008.
- FERRARI, C. C.; GERMER, S. P. M.; ALVIM, I. D.; VISSOTTO, F. Z.; AGUIRRE, J. M. Influence of carrier agents on the physicochemical properties of blackberry powder produced by spray drying. **International Journal of Food Science and Technology**, v.47, p.1237-1245, 2012.

- FERREIRA, G. M.; GUIMARÃES, M. J. O. C.; MAIA, M. C. A. Efeito da temperatura e taxa de cisalhamento nas propriedades de escoamento da polpa de cupuaçu (*T. grandiflorum* Schum) integral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, n.2, p.385-389, 2008.
- FERREIRA, L. C. **Desenvolvimento de iogurtes probióticos e simbióticos sabor cajá (*Spondias mombin* L.)**. 92f. Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2012. Dissertação de Mestrado.
- FIDÉLES, T. B. **Filmes reticulados de quitosana para aplicação como biomaterial**. 2010. 72f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciência e Tecnologia. Campina Grande, 2010.
- FIGUEIREDO, R. M. F.; GALDINO, P. O.; QUEIROZ, A. J. M.; GALDINO, P. O.; FERNANDES, T. K. S. Stability of cactus-pear powder during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.2, p.169-173, 2016.
- FIGUEIREDO, R. M. F.; GALDINO, P. O.; GALDINO, P. O.; FERNANDES, T. K. S. Stability of cactus-pear powder during storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.2, p.169-173, 2016.
- FIOREZE, R.; MADRUGA, M. S. Tecnologia de alimentos de origem vegetal. In: ALDRIGUE, M. L.; MADRUGA, M. S.; FIOREZE, R.; SOARES, J. **Aspectos da ciência e tecnologia de alimentos**. João Pessoa: UFPB, 2003. v.2, p.43-111.
- FONGIN, S.; KAWAI, K.; HARNKARNSUJARIT, N.; HAGURA, Y. Effects of water and maltodextrin on the glass transition temperature of freeze-dried mango pulp and an empirical model to predict plasticizing effect of water on dried fruits. **Journal of Food Engineering**, v.210, p.91-97, 2017.
- FORSTER, M. P.; RODRIGUEZ, E.; MARTIN, J. D.; ROMERO, C. D. Statistical differentiation of bananas according to their mineral composition. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, p.6130-6135, 2002.
- FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2005. 182p.
- FREUDIG, B.; HOGEKAMP, S.; SCHUBERT, H. Dispersion of powders in liquids in a stirred vessel. **Chemical Engineering and Processing**, Amsterdam, v. 38, n. 4-6, p. 525- 532, 1999.
- GALDINO, P. O. **Secagem por aspersão da polpa de figo-da-índia**. 169p. 2011. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. Dissertação de Mestrado.
- GALLINA, D. A.; ALVES, A. T. S.; TRENTO, F. K. H. S.; CARUSI, J. Caracterização de leites fermentados com e sem adição de probióticos e prebióticos e avaliação da viabilidade de bactérias lácticas e probióticas durante a vida-de-prateleira. **UNOPAR**, v.13, n.4, p.239-244, 2011.
- GEA Niro Research Laboratory. **Analytical methods dry milk products**. GEA Niro analytical methods. Soeborg, Denmark, 2003.
- GOMES, P. M. A.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Armazenamento da polpa de acerola em pó a temperatura ambiente. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 384-389, 2004
- GONDIM, J. A.; MOURA, M. F. V.; DANTAS, A.S.; MEDEIROS, R.L.S.; SANTOS, K.M. Composição centesimal e de minerais em cascas de frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p.802-827, 2005.

- GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G., Spray drying of tomato pulp: effect of feed concentration. **Drying Technology**, v. 22, n. 10, p. 2309-2330, 2004.
- GOULA, A. M.; KARAPANTSIOS, T. D.; ACHILIAS, D. S.; ADAMOPOULOS, K. G. Water sorption isotherms and glass transition temperature of spray dried tomato pulp. **Journal of Food Engineering**, v.85, n.1, p.73-83, 2008.
- GUIMARÃES, D. H. P.; CALADO, A. R. Viabilidade da utilização da polpa de abacate, acrescida do extrato de soja, na elaboração de iogurte: Análises reológicas e sensorial. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v.5, n.3, p.16-22. 2014.
- GUIMARÃES, D. H. P.; IODELIS, A.; AGUIAR, L. F. S. Análisis de los parámetros reológicos y sensoriales de yogur de guayaba enriquecido con cereales. **Rev. Cienc. Tecnol.**, n.25, p.34-41, 2016.
- GUIMARÃES, D. H. P.; SILVA, F. R. S. R.; LÊNTHOLA, N. M. Iogurte elaborado à base de leite de búfala sabor queijo com geléia de goiaba. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.18, n.1, p.57-61, 2015.
- GURJÃO, F. F.; CARNEIRO, G. G.; PESSOA, T.; SILVA, D. R. S.; MIRANDA, D. S. A. Comportamento reológico de iogurte de cajá comercializado em Campina Grande, Paraíba. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.11, n.3, p.63-67, 2017.
- GUTIERREZ, E. M. R.; ZIBORDI, G.; SOUZA, M. C. Avaliação físico-química e sensorial de leites fermentados probióticos. **Revista de Laticínios Cândido Tostes**, v.67, n.384, p.22-29, 2012.
- HAJARE, S. N.; SAXENA, S.; KUMAR, S.; WADHAWAN, S.; MORE, V.; MISHRA B.B.; NARAYAN, P.M.; GAUTAM, S.; SHARMA, A. Quality profile of lichi (*Lichi chinensis*) cultivars from India and effect of radiation processing. **Radiation Phys. Chemistry**, v.79, p.994-1004, 2010.
- HAMINIUK, C. W. I. **Comportamento reológico e fracionamento péctico das polpas integrais de araçá (*Psidium cattleianum* Sabine) e amora-preta (*Rubus spp.*)**. 99p. Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2005. Dissertação de Mestrado.
- HASSAN, L. K.; HAGGAG, H. F.; ELKALYOUBI, M. H.; EL-AZIZ, M. A.; EL-SAYED, M. M.; SAYED, A. F. Physico-chemical properties of yoghurt containing cress seed mucilage or guar gum. **Annals of Agricultural Sciences**, v.60, n.1, p.21-28 2015.
- HERCULANO, A. C. M.; MATOS, W. R. Levantamento das espécies de sapindáceas arbóreas no Rio de Janeiro. **Saúde & Ambiente em Revista**, v.3, n.1, p.76-85, 2008.
- HOFFMANN, J. F.; ZANDONÁ, G. P.; SANTOS, P. S.; DALLMANN, C. M.; MADRUGA, F. B.; ROMBALDI, C. V.; CHAVES, F. C. Stability of bioactive compounds in butiá (*Butia odorata*) fruit pulp and nectar. **Food Chemistry**, v.237, p.638-644, 2017.
- HOJO, E. T. D.; DURIGAN, J. F.; HOJO, R. H.; DONADON, J. R.; MARTINS, R. N. Uso de tratamento hidrotérmico e ácido clorídrico na qualidade de lichia 'bengal'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, n.2, p.386-393, 2011.
- HOLCROFT, D.M.; MITCHAM, E.J. Post-harvest physiology and handling of lichi (*Litchi chinensis* Sonn.) **Postharvest Biology and Technology**, v.9, p.265-281, 1996.

HORTIBRASIL. Evolução da comercialização da lichia na CEAGESP. Disponível em http://www.hortibrasil.org.br/jnw/index.php?option=com_content&view=article&id=1174:evolucao-da-comercializacao-da-lichia-naceagesp&catid=50:comercializacao&Itemid=82. Acesso em 23/01/2017.

IBRAHIM S. R.; MOHAMED G. A. *Litchi chinensis*: Medicinal uses, phytochemistry, and pharmacology. **Journal of Ethnopharmacology**, v.174, n.4, p.492-513, 2015.

JANJAI, S.; MAHAYOTHEE, B.; LAMLERT, N.; BALA, B. K.; PRECOPPE, M.; NAGLE, M.; MÜLLER, J. Diffusivity, shrinkage and simulated drying of litchi fruit (*Litchi chinensis* Sonn.). **Journal of Food Engineering**, v.96, p.214-221, 2010.

JOLY, A. B. **Botânica: introdução à taxonomia vegetal**. 13ª edição. São Paulo: Companhia Editora Nacional, v.4, p.420-428. 2005.

KALITA, D.; SAIKIA, S.; GAUTAM, G.; MUKHOPADHYAY, R. Characteristics of synbiotic spray dried powder of litchi juice with *Lactobacillus plantarum* and different carrier materials. **LWT - Food Science and Technology** v.87,p. 351-360, 2018

KHOURY, D. E.; BROWN, P.; SMITH, G.; BERENGUT, S.; PANAH, S.; KUBANT, R.; ANDERSON, G. H. Increasing the protein to carbohydrate ratio in yoghurts consumed as a snack reduces post-consumption glycemia independent of insulin. **Clinical Nutrition**, v.33, n.1,p.29-38, 2014.

KINGWATEE, N.; APICHARTSRANGKON, A.; CHAIKHAM, P.; WORAMETRACHANON, S.; TECHARUNG, J.; PANKASEMSUK, T. Spray drying *Lactobacillus casei* 01 in lychee juice varied carrier materials **LWT - Food Science and Technology**, v.62, p.847-853, 2017.

KROKIDA, M. K.; PHILIPPOPOULOS, C. Volatility of apples during air and freeze drying. **Journal of Food Engineering**, v.73, n.2, p.135-141, 2006.

KRUMREICH, F.; D'AVILA, R. F.; FRED, S. A.; CHAVES, F. C.; CHIM, J. F. Análises físico-químicas e estabilidade de compostos bioativos presentes em polpa de uvaia em pó obtidos por métodos de secagem e adição de maltodextrina e goma arábica. **Revista Thema**, v.14, n.2, p.4-17, 2016.

LARA JÚNIOR, J. M. **Obtenção de polpa de manga (*Mangifera indica* L.) pelo processo de spray dryer**. 93p. 2017. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Dissertação de Mestrado.

LEWIS, M. J. **Physical properties of foods and food processing systems**. England. Ellis Horwood Limited, 1990. 480p.

Litchi chinensis, adaptado de <https://www.safarigarden.com.br/muda-de-lichia-bengal>. acesso em: 27 jan 2018

LICHIEIRA – adaptado de <https://www.safarigarden.com.br/muda-de-lichia-bengal> acesso em: 27 jan 2018

LIMA, F. V.; AGUILA, J. S.; ORTEGA, E. M. M.; KLUGE, R. A. Pós-colheita de lichia 'Bengal' tratada com etileno e 1-metilciclopropeno. **Ciência Rural**, v.41, n.7, p.1143-1149, 2011.

- LIMA, R. A. Z.; ABREU, C. M. P. de; ASMAR, S. A.; CORRÊA, A. D.; SANTOS, C. D. Embalagens e recobrimento em lichias (*Litchi chinensis* Sonn.) armazenadas sob condições não controladas. **Ciência e Agrotecnologia**, v.34, n.4, p.914-921, 2010.
- LIMA, T. L. S.; CAVALCANTE, C. L.; SOUSA, D. G. de; SILVA, P. H. de A. e; ANDRADE SOBRINHO, L. G. Avaliação da composição físico-química de polpas de frutas comercializadas em cinco cidades do Alto Sertão paraibano. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.10, n.2, p.49-55, 2015.
- LINS, A. D. F.; ROCHA, A. P. T.; GOMES, J. P.; FEITOSA, R. M.; ARAÚJO, G. T.; SANTOS, D. C. Adsorption isotherms of the red mombin powder produced in spouted bed dryer **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 21, n.8, p.562-567, 2017.
- LISBÔA, C. G. C.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Armazenamento de figo-da-índia em pó. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.216-221, 2012.
- LIU, H.; SONG, L.; YOU, Y.; LI, Y.; DUAN, X.; JIANG, Y.; JOYCE, D. C.; ASHRAF M.; LU, W. Cold storage duration affects litchi fruit quality, membrane permeability, enzyme activities and energy charge during shelf time at ambient temperature. **Postharvest Biology and Technology**, v.60, p.24-30, 2011.
- LIZARPAGA, M. S.; PIANTEVICIN, D.; GONZALES, R.; RUBIOLO, A.; SANTIAGO, L. G. Rheological behaviour of whey protein concentrate and γ -cargeenan aqueous mixtures. **Food Hydrocolloids**, v.20, n.5, p.740-748, 2006.
- MACHADO, J. C V. **Reologia e escoamento de fluidos: Ênfase na indústria do petróleo**, 1 ed., Rio de Janeiro, Interciência, 2002
- MAN, S.; MA, J.; WANG, C.; LI, Y.; GAO, W.; LU, F. Chemical composition and hypoglycaemic effect of polyphenol extracts from *Litchi chinensis* seeds. **Journal of Functional Foods**, v.22, p.313-324, 2016.
- MARINHO, M. V. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; SANTIAGO, V. M. S.; GOMES, J. P. Análise físico-química e sensorial de iogurte de leite de cabra com polpa de umbu. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.14, p.497-510, 2012.
- MARQUES, L. G. **Liofilização de frutas tropicais**. Universidade Federal de São Carlos-SP, 2008. Tese de Doutorado.
- MARQUES, L. G.; SILVEIRA, A. M.; FREIRE, J. T. Freeze-drying characteristics of tropical fruits. **Drying Technology**, v.24, p.457-463, 2006.
- MARTINS, A. B. G. Lichia. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.27, n.3, p.349-349, 2005.
- MATHIAS, T. R. S.; ANDRADE, K. C. S.; ROSA, C. L. S.; SILVA, B. A. Avaliação do comportamento reológico de diferentes iogurtes comerciais **Brazilian Journal of Food Technology**, v.16, n.1, p.12-20, 2013.
- MATIAS R. G. P.; SILVA, D. F. P.; LINS, L. C. R.; ALVES, R. R.; SALOMÃO L. C. C. Tratamento hidrotérmico na prevenção do escurecimento do pericarpo de lichia. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.2, n.1, p.68-75. 2012.

- MATOS, E. H. S. F. **Cultivo de lichia - Dossiê técnico**. Centro de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico - CDT/UnB, 2012.
- MENCARELLI, F.; BELLINCONTRO, A.; CORRADINI, D. Chemical and biochemical change of healthy phenolic fractions in winegrape by means of postharvest dehydration. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, n.13, p.7557-7564, 2010.
- MENEZES, A. R. V.; SILVA JÚNIOR, A.; CRUZ, H. L. L.; ARAÚJO, D. L.; SAMPAIO, D. D. Estudo comparativo do pó da acerola verde (*Malpighia emarginata*D.C) obtido em estufa por circulação de ar e por liofilização. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.11, n.1, p.1-8, 2009.
- MENEZES, E. M. S.; TORRES, A. T.; SRUR, A. U. S. Valor nutricional da polpa de açaí (*Euterpe oleracea* Mart) liofilizada. **Acta Amazonica**, v.38 n.2, p.311-316, 2008.
- MENZEL, C. M. **Lichee crop in Asia and the pacific**. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Bangkok, Thailand, 2002.
- MITSCSKA, P. Simple Conversion of Brookfield RVT: readings into viscosity functions. **Rheologica Acta**, v.21, n.2, p. 207-209, 1982.
- MODESTO JUNIOR, E. N.; SOARES, S. S.; GOMES, P. W. P.; RIBEIRO, C. F. A.; SILVA, R. M. V. Estudo do armazenamento da polpa do fruto ginja *Eugênia uniflora* L. e sua influência nos teores de ácido ascórbico e antocianinas. **Scientia Plena**, v.12, n.6, 2016.
- MORAES, I. C. F.; FASOLIN, L.H.; CUNHA, R. L.; MENEGALLI, F. C. Dynamic and steady-shear rheological properties of xanthan and guar gums dispersed in yellow passion fruit pulp. **Brazilian Journal of Chemical Engineering**, v.28, n.3, p.483-494, 2011.
- MOREIRA, T. B.; ROCHA, E. M. F. F.; AFONSO, M. R. A.; COSTA, J. M. C. Comportamento das isotermas de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.10, p.1093-1098, 2013.
- MOTTA, E. L. **Avaliação da composição nutricional e atividade antioxidante de *Litchi chinensis* Sonn. (“Lichia”) cultivada no Brasil**. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2009. Dissertação de Mestrado.
- MOURA, S. C. S. R. de; VISSOTTO, F. Z.; RUFFI, C. R. G.; ALVES JÚNIOR, P. Propriedades físicas e reológicas de produtos à base de frutas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.19, p.2-8, 2016.
- MUSSER, R. dos S.; LEMOS, M. A.; LIMA, V. L. A. G. de.; MÉLO, E. de A.; LEDERMAN, I. E.; SANTOS. V. F. dos. Características físico-químicas de acerola do banco ativo de germoplasma em Pernambuco. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.4, n.4, p.556-561, 2004.
- NAVARRO, R. F. **Fundamentos de reologia de polímeros**. Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 1997. 264p.
- NERES, J. P. G.; SOUZA, R. L. A.; BEZERRA, C. F. Iogurte com polpa e farinha da casca do abacaxi. **Revista de Laticínios Cândido Tostes**, v.70, n.5, p.262-269, 2015.
- NUNES, J. S.; SOUSA, E. P.; CASTRO, D. S.; SILVA, L. M. M; MOREIRA, I. S. Avaliação do perfil físico e reológico de bebida de soja sabor iogurte com polpa de morango. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável** v. 9, n.1, p.229-233, 2014

- OLIVEIRA, A. S.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; BRITO, J. G. Estabilidade da polpa do *Cereus jamacaru* em pó durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.2, p.147-153, 2015a.
- OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v.8, n.1, p.25-33, 2006.
- OLIVEIRA, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.10, p.1059-1064, 2014.
- OLIVEIRA, M. I. S.; TONON, R. V.; NOGUEIRA, R. I.; CABRAL, M. L. C. Estabilidade da polpa de morango atomizada utilizando diferentes agentes carreadores **Brazilian Journal of Food Technology**, v.16, n.4, p.310-318, 2013.
- OLIVEIRA, V.S.; AFONSO, M.R.A.; COSTA, J.M.C. Caracterização físico-química e comportamento higroscópico de sapoti liofilizado. **Revista Ciência Agronômica**, v.42, n.2, p.342-348, 2011.
- OLIVEIRA, V. S.; SANJINEZ-ARGANDOÑA, E. J.; OSHIRO, M. A.; CARNEVALI, T. O.; HONORATO, C. A. Desidratação da polpa de *Campomanesia adamantium* Cambess. O. Berg por liofilização. **Interbio**, v.9, n.2, 2015b.
- PACHECO, H. F. B.; SÍGOLO, L. M. N.; RIBEIRO, A. P. B.; OLIVEIRA, J. M. Composição centesimal de iogurtes tradicionais e iogurtes líquidos: incompatibilidade com as descrições da rotulagem. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v.74, n.4, p.380-389, 2015.
- PACHECO V, M. M.; PORRAS A, O. O.; VELASCO, E.; MORALES-VALENCIA, E. M.; NAVARRO, A. Effect of the milk-whey relation over physicochemical and rheological properties on a fermented milky drink. **Ing. compet.**, v.19, n.2, p.83-91, 2017 .
- PADUA, H. C.; SILVA, M. A. P.; SOUZA, D. G.; MOURA, L. C.; PLÁCIDO, G. R.; COUTO, G. V. L.; CALIARI, M. Iogurte sabor banana (*Musa AAB*, subgrupo prata) enriquecido com farinha da casca de jabuticaba (*Myrciaria jabuticaba* (Vell.) Berg.). **Global Science Technology**, v.10, n.1, p.89-104, 2017.
- PANDEY, N.; JOSHI S.K.; SINGH, C.P.; KUMAR, S.; RAJPUT,S.; KHANGAL, R.K. Enhancing shelf life of lichi (*Lichi chinensis*) fruit through integrated approach of surface coating and gamma radiation. **Radiation Physics and Chemistry**, v.85, p.197-203, 2013.
- PAQUIN P. **Functional and speciality beverage technology**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2009. 500 p
- PARK, K. J.; BIN, A.; BROD, F. P. R. Obtenção de isotermas de sorção e modelagem matemática para a pêra Baetlett (*Pyrus sp.*) com e sem desidratação osmótica. **Revista Ciência e tecnologia de alimentos**- Campinas, São Paulo. v. 21 n. 1: 73-77, 2001.
- PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. J. colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. **Food and Bioprocess Technology**, v.6, p.36-60, 2013.

- PAULY, G.; DANOUX, L.; HENRY, F. Use of extracts of the plant *Litchi chinensis* sonn. **United States 20040101508**, 2004. Disponível em: <http://www.freepatentsonline.com/20040101508.html>
- PURVES, W. K.; SADAVA, D.; ORIAN, G. H.; HELLER, H. C. **Vida: A ciência da biologia**, v.2. Artmed. Porto Alegre, p.523-528. 2006.
- QI, S.; HUANG, H.; HUANG, J.; WANG, Q.; WEI, Q. Lychee (*Litchi chinensis* Sonn.) seed water extract as potential antioxidant and anti-obese natural additive in meat products. **Food Control**, v.50, p.195-201, 2015 .
- QUAST, E.; MEZZOMO, L.; QUAST, L. B.; SCHMIDT, F. L. Rheological evaluation of *Prunus mume* pulp. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.16, n.4, p.285-291, 2013.
- QUEIROZ, E. R.; ABREU, C. M. P.; OLIVEIRA, K. S. Constituintes químicos das frações de lichia in natura e submetidas a secagem: Potencial nutricional dos subprodutos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.4, p.1174-1179, 2012.
- RANGANA, S. **Manual of analysis of fruit and vegetable products**. New Delhi: Mc Graw-Hill, 1979. 634p.
- REIS, D. S.; FIGUEIREDO NETO, A.; FERRAZ, A. V.; FREITAS, S. T. Produção e estabilidade de conservação de farinha de acerola desidratada em diferentes temperaturas. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 20, p.1-7, 2017.
- RIBEIRO, G. S.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.1059-1064, 2014a.
- RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C.; AFONSO, M. R. A. Hygroscopic behavior of lyophilized acerola pulp powder **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.3, p.269-274, 2016
- RIBEIRO, M. C. E.; CHAVES, K. S.; GEBARA, C.; INFANTE, F. N. S.; GROSSO, C. R. F.; GIGANTE, M. L. Effect of microencapsulation of *Lactobacillus acidophilus* LA-5 on physicochemical, sensory and microbiological characteristics of stirred probiotic yoghurt. **Food Research International**, v.66, p.424-431, 2014.
- RIBEIRO, M. M.; MINIM, V. P. R.; MINIM, L. A.; ARRUDA, A. C.; CERESINO, E. B.; CARNEIRO, H. C. F.; CIPRIANO, P. A. Estudo de mercado de iogurte da cidade de Belo Horizonte-MG. **Revista Ceres**, v.57, n.2, p.151- 156, 2010.
- RODAS, M. A. B.; RODRIGUES, R. M. M. S.; SAKUMA, H.; TAVERES, L. Z.; SGARBI, C. R.; LOPES, W. C. C. Caracterização físico-química, histológica e viabilidade de bactérias lácticas em iogurtes com frutas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.21, n.3, p.304-309, 2001.
- ROMOSCANU, A. I.; MEZZENGA, R. Cross linking and rheological characterization of adsorbed protein layers at the oil-water interface. **Langmuir**, v.21, p.9689-9697, 2005.
- ROSEMBERG, M.; YOUNG, S. L. Whey proteins as microencapsulating agents. Microencapsulation of anhydrous milkfat-structure evaluation. **Food Structure**, v.12, n.1, p31-41, 1993.

- SALOMÃO, L. C. C.; SILVA, D. F. P.; ROCHA, A.; ALVES, R. R.; MATIAS, R. G. P. Redução do escurecimento do pericarpo de lichia com ácido clorídrico. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.34, n.2, p.568-57 2012.
- SANTANA, A. A.; PAIXÃO, L. C.; OLIVEIRA, R. A.; TELIS, V. R. N. Influence of process conditions on the physicochemical properties of jussara pulp (*Euterpe edulis*) powder produced by spray drying. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.21, p.1-13, 2018.
- SANTOS, D. C.; MOREIRA, A. S.; OLIVEIRA, E. N. A. de; SANTOS, Y. M. G. dos. Elaboração de bebida tipo néctar de graviola adoçada com mel de *Apis mellifera*. **Revista Caatinga**, v.27, n.4, p.216-225, 2014.
- SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A. DE; MARTINS, J. N.; ROCHA, A. P. T. Secagem da polpa de caju em secador de leito de jorro. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.9, n.2, p.1875-1887, 2015.
- SANTOS, D. C. **Obtenção de umbu-cajá em pó pelo processo de liofilização e sua utilização no processamento de sorvetes prébióticos**. 296f. 2016. Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2016. Tese de Doutorado.
- SANTOS, D. C.; ROCHA A. P. T.; GOMES, J. P.; OLIVEIRA, E. N. A.de; ALBUQUERQUE, E. M. B.; ARAUJO, G. T. Storage of ‘umbu-caja’ pulp powder produced by lyophilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.12, p.1118-1123, 2016.
- SANTOS, K. A.; SANTOS, E. F.; MANHANI, M. R.; SANCHES, F. L. F. Z.; BALLARD, C. R.; NOVELLO, D. Avaliação das características sensoriais e físico-químicas de iogurte adicionado de inulina. **Revista UNIABEU**, v.7, n.15, p.50-64, 2014.
- SANTOS, M. V.; CRUZ, R. G.; ALMEIDA, M. E. F. Desenvolvimento e avaliação sensorial de iogurte com sementes de chia. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v.72, n.1, p.1-10, 2017.
- SEBASTIANY, E.; REGO, E. R.; VITAL, M. J. S. Qualidade microbiológica de polpa de frutas congeladas. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.68, n.2, p.224-231 2009.
- SCHRAMM, G. **Reologia e reometria – Fundamentos teóricos e práticos**. São Paulo: Editora Artliber Ltda., 2006. 240p.
- SHAFIQUE, M.; KHAN, A. S.; MALIK, A. U.; SHAHID, M. Influence of harvest location and cultivar on pericarp browning and biochemical fruit quality of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**. v.52, n.1, p.123-128, 2015
- SHARMA, S. K.; MULVANEY, S. J.; RIZVI, S. S. H. **Food processing engineering: theory and laboratory experiments**. United States of América: Wiley-Interscience, 2000.348 p.
- SHIBAO, J.; BASTOS, D. H. M. Produtos da reação de Maillard em alimentos: implicações para a saúde. **Revista de Nutrição**, v.24, n.6, p.895-904, 2011.
- SHILS, M.E.; OLSON, J. A.; SHIKE, M. **Modern nutrition in health and disease**. 8° ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1994, v.2, 2069p.
- SILVA, D. F. P.; LINS, L. C. R.; CABRINI, E. C.; BRASILEIRO, B. G.; SALOMÃO, L. C. C. Influence of the use of acids and films in post-harvest lychee conservation. **Revista Ceres**, v.59, n.6, p.745-750, 2012.

- SILVA, F. de A. S. e; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal Agricultural Research**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.
- SILVA, R. N. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; FEITOSA, R. M. Isotermas de adsorção de umidade do umbu-cajá em pó. **Revista Educação Agrícola Superior** v.30, n.1, p.33-36, 2015.
- SILVA, R. N. G.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; GALDINO, P. O. Armazenamento de umbu-cajá em pó. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1179- 1184, 2005.
- SILVA, R. R. L.; MORAIS, H. M. B. R.; MARTINS, A. N. A.; SANTOS, D. C. Caracterização físico-química de bebida láctea fermentada sabor uva com adição de prebiótico. **Agropecuária Técnica** v.35, n. 1, p. 208-212, 2014.
- SILVA FILHO, E. D.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; BRASILEIRO, J. L. O. Variáveis, físicas, químicas e reológicas da polpa integral da manga cv. Haden. **Engenharia na Agricultura**, v.23, n.5, p.397-405, 2015.
- SILVÁN, J. M.; MORALES, F. J.; SAURA-CALIXTO, F. Conceptual study on maillardized dietary fiber in coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, p.12244-12249, 2010.
- SILVEIRA, A. C. R.; SILVA, M. A. P.; MOURA, L. C.; SOUZA, D. G.; PLÁCIDO, G. R.; CALIARI, M. Parâmetros físico-químicos e sensoriais de iogurtes com biomassa de banana verde. **Global Science and Technology**, v.10, n.1, p.29-42, 2017.
- SOGI, D. S.; SIDDIQ, M.; DOLAN, K. D. Total phenolics, carotenoids and antioxidant properties of Tommy Atkin mango cubes as affected by drying techniques. **LTW – Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 564-568, 2015.
- SONG, C. F.; CUI, Z. W.; JIN, G. Y.; MUJUMDAR, A.; YU, J. F. Effects of four different drying methods on the quality characteristics of peeled litchis (*Litchi chinensis* Sonn.). **Drying Technology**, v.33, p.583-590, 2015.
- SOUSA, C. S.; FERNANDES, B. C. T. M.; FERNANDES, P. H. S. Caracterização de bebida láctea pasteurizada com adição de ferro. **Revista Teccen.**, v.8, p.27-32, 2015a.
- SOUSA, E. P.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; LEMOS, D. M. Comportamento reológico e efeito da temperatura da polpa de pequi em diferentes concentrações **Braz. J. Food Technol.** v. 17, n. 3, p. 226-235, jul./set. 2014
- SOUSA, K. S. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. de; QUEIROZ, A. J. de M.; FERNANDES, T. K. S. Produção e caracterização da polpa de atemoia em pó. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.37, n.3, p.718-728, 2015b.
- SOUSA, P. B.; LIMA, E. F.; MONÇÃO, E. C.; SILVA, M. J. M.; NASCIMENTO V. L. V. Avaliação físico-química de lichias (*Litchi chinensis* Sonn.) comercializadas em Teresina – Piauí. In: VII CONNEPI – Congresso Norte Nordeste de Pesquisa e Inovação, 7, 2012 **Anais...** Palmas – TO, 2012

- SOUSA, S. F.; QUEIROZ, A. J. de M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F. de; SILVA, F. B. Comportamento reológico das polpas de noni integral e concentradas **Brazilian Journal Food Technology**, v.20, p.2-10, 2017.
- SOUSA, S. L.; MORAIS, B. A. DE; RIBEIRO, L. C.; COSTA, J. M. C. da. Stability of cashew apple juice in powder dehydrated in spouted bed. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, p.678-682, 2016.
- SOUZA, R. L. A.; FEITOSA, B. F.; OLIVEIRA, E. N. A.; OLIVEIRA, S. N. Elaboração e caracterização de frozen yoghurt sabor tamarindo. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, v.7, n.1, p.22-25, 2017.
- SOUZA, R. L. A.; OLIVEIRA, L. S. C.; SILVA, F. L. H. da; AMORIM, B. C. Caracterização da poligalacturonase produzida por fermentação semi-sólida utilizando-se resíduo do maracujá como substrato. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.9, p.987-992, 2010.
- SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica sistemática**. São Paulo: Nova Odessa, 2005, p. 640.
- STATSOFT, Inc. **Programa computacional Statistica 7.0**. E. A. U. 2004.
- STREETER, V. L. **Mecânica de fluidos**. México: McGraw Hill, 1996. 594p.
- SUN, D.; LIANG, J.; XIE, X.; LEI, Y. M. Improved preservation effects of lichi fruit by combining chitosan coating with ascorbic acid treatment during postharvest storage. **Afri. Journal Biotechnology**, v.9, p.3272-3279. 2010.
- TEIXEIRA, M.; MONTEIRO, M. Degradação da vitamina c em suco de fruta. **Revista Alimentos e Nutrição**, v.17, p.219-227, 2006.
- TELIS, V. R. N.; MARTINEZ-NAVARRETE, N. Collapse and color changes in grapefruit juice powder as affected by water activity, glass transition and addition of carbohydrate polymers. **Food Biophysics**, v.4, n.2, p.83-93, 2009.
- THAMER, K. G.; PENNA, A. L. B. Caracterização de bebidas lácteas funcionais fermentadas por probióticos e acrescidas de prebiótico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.3, p.589-595, 2006.
- TURGEON, S. L.; SCHMITT, C.; SANCHEZ, C. Protein-polysaccharide complexes and coacervates. **Current Opinion in Colloid & Interface Science**, v.12, p.166-178, 2007.
- USDA-ARS - Departamento de Agricultura dos Estados Unidos – Serviço de Pesquisa em Agricultura. USDA National Nutrient Database for Standart Reference. 2016. Pesquisa disponível em <https://ndb.nal.usda.gov/ndb/foods /show/2265?manu=&fgcd=&ds>. Acesso em 02/12/2017.
- VIDAL, J. R. M. B.; GASPARETTO, C. A.; GRANDIN, A. Efeito da temperatura no comportamento reológico da polpa de manga. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v.1, n.2, p.69-76, 2000.
- VILLANOVA, J. C. O.; LIMA, T. H.; PATRÍCIO, P. S.; PEREIRA, F. V.; AYRES, E. Síntese e caracterização de *beads* acrílicos preparados por polimerização em suspensão visando aplicação como excipiente farmacêutico para compressão direta. **Química Nova**, v. 35, n. 1, p. 124-131, 2012.

VIEIRA, A. P.; NICOLETI, J. F.; TELIS, V. R. N. Liofilização de fatias de abacaxi: avaliação da cinética de secagem e da qualidade do produto. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.15, n.1, p.50-58, 2012.

WALL, M. M. Ascorbic acid and mineral composition of longan (*Dimocarpus longan*), lychee (*Litchi chinensis*) and rambutan (*Nephelium lappaceum*) cultivars grown in Hawaii. **Journal of Food Composition and Analysis**, v.19, n.6-7, p.655-663, 2006.

YAMANISHI, O. K. Frutas exóticas made in Brazil. **Agrosoft Brasil**, 2006. Disponível em <http://www.agrosoft.org.br/agropag/21812.htm>.

YOUSEFI, S.; EMAM-DJOMEH, Z.; MOUSAVI, M. S. Effect of carrier type and spray drying on the physicochemical properties of powdered and reconstituted pomegranate juice (*Punica Granatum* L.). **Journal of Food Science and Technology**, v.48, n.6, p.677-684, 2011.

YUSOF, Y. A.; SALLEH, F. S. M.; CHIN, N. L.; TALIB, R. A. The drying and tableting of pitaya powder. **Journal of Food Process Engineering**, Trumbull, v. 35, n. 5, p.763- 771, 2012.

YUYAMA, L. K. O.; MAEDA, R. N.; PANTOJA, L.; AGUIAR, J. P. L.; MARINHO, H. A. Processamento e avaliação da vida-de-prateleira do tucumã (*Astrocaryum aculeatum* Meyer) desidratado e pulverizado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.28, n.2, p.408-412, 2008.

ZAMBRANO, F.; HIKAGE, A.; CÁSSIA, R. D.; ORMENESE, C.; MONTENEGRO, F. M. Effect of guar and xanthan gums as fat substitutes in industrially produced cakes. **Brazilian Journal of Food Technology**, v.8, n.1,p.63-71, 2005.