



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
AGRÍCOLA**



**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO  
DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

**SECAGEM EM LEITO DE JORRO DE POLPAS DE CAJÁ COM ADIÇÃO DE  
CULTURAS PROBIÓTICAS**

**THAIS JACIANE ARAUJO RODRIGUES**

**CAMPINA GRANDE – PB  
FEVEREIRO/ 2020**

**THAIS JACIANE ARAUJO RODRIGUES**

**SECAGEM EM LEITO DE JORRO DE POLPAS DE CAJÁ COM ADIÇÃO DE  
CULTURAS PROBIÓTICAS**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Agrícola.

**Orientadora:** Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Paula Trindade Rocha

**CAMPINA GRANDE – PB  
FEVEREIRO/ 2020**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA  
AGRÍCOLA



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO

**THAIS JACIANE ARAUJO RODRIGUES**

**SECAGEM EM LEITO DE JORRO DE POLPAS DE CAJÁ COM ADIÇÃO DE  
CULTURAS PROBIÓTICAS**

**APROVADO:**

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Trindade Rocha  
Orientadora – UAEA/CTRN/UFCG

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Josivanda Palmeira Gomes  
Examinadora – UAEA/CTRN/UFCG

---

Prof. Dr. Matheus Augusto Bittencourt Pasquali  
Examinador – UAEA/CTRN/UFCG

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ângela Maria Santiago  
Examinadora – CCT/UEPB

*“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis.”*

*(José de Alencar)*





## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>i</b>
<b>LISTA DE TABELAS .....</b>	<b>ii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>iv</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
Objetivo geral.....	3
Objetivos específicos.....	3
<b>PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS .....</b>	<b>4</b>
Matéria-prima.....	4
Processamento do cajá para obtenção da polpa.....	4
Inoculação do micro-organismo .....	4
Cinética de desenvolvimento.....	5
Número de células viáveis.....	5
Viabilidade da polpa de cajá probiótica .....	5
Obtenção da polpa de cajá probiótica em pó.....	5
Caracterização físico-química e química da polpa de cajá probiótica líquida e em pó.....	6
pH .....	6
Acidez total titulável.....	6
Sólidos solúveis totais.....	6
Teor de água .....	6
Sólidos totais.....	6
Fenólicos totais .....	6
Ácido ascórbico .....	6
Açúcares redutores.....	6
Carotenoide.....	6
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>7</b>

<b>ARTIGO 1: UTILIZAÇÃO DE POLPA DE FRUTAS PROBIÓTICAS EM PÓ COMO ALIMENTO FUNCIONAL: ASPECTOS GERAIS E PERSPECTIVAS .....</b>	<b>9</b>
Introdução.....	10
Revisão .....	12
Aspectos gerais dos alimentos funcionais .....	12
Probióticos e suas principais características .....	13
Principais bactérias probióticas e viabilidade celular .....	15
Polpa de frutas probióticas em pó.....	16
Método de secagem em leite de jorro .....	17
Adjuvantes de Secagem.....	19
Conclusão .....	20
Referências Bibliográficas .....	20
<b>ARTIGO 2: VIABILIDADE DA AÇÃO PROBIÓTICA DE <i>BIFIDOBACTERIUM ANIMALIS</i> SSP. LACTIS B94 EM POLPA DE CAJÁ .....</b>	<b>27</b>
INTRODUÇÃO.....	28
Material e métodos .....	29
Matéria-prima e insumos .....	29
Cinética de desenvolvimento e obtenção da polpa de cajá probiótica.....	29
Caracterização físico-química e química da polpa integral e probiótica.....	30
Viabilidade da polpa probiótica liofilizada durante armazenamento .....	30
Análise estatística .....	31
Resultados e discussão .....	31
Cinética de desenvolvimento de <i>Bifidobacterium animalis</i> ssp. lactis em polpa de cajá.....	31
Caracterização físico-química e química das polpas de cajá integral e probiótica.....	33
Viabilidade Polpa Probiótica .....	35
Conclusão .....	37
Referência bibliográfica .....	37
<b>ARTIGO 3: SECAGEM DE POLPAS DE CAJÁ COM ADIÇÃO DE CULTURAS PROBIÓTICAS EM LEITO DE JORRO .....</b>	<b>41</b>



Introdução.....	42
Material e Métodos.....	43
Matéria-prima .....	43
Inoculação do microrganismo.....	44
Delineamento experimental para o processo de secagem de polpa de cajá probiótica em leite de jorro.....	44
Variáveis dependentes .....	45
Caracterização físico-química e química da polpa de cajá probiótica e polpa de cajá probiótica em pó .....	45
Análise estatística .....	45
Resultados e Discussão .....	46
Caracterização físico-química e química da polpa probiótica de cajá.....	46
Coeficientes de regressão .....	47
Superfícies de resposta .....	49
Ensaio de secagem .....	51
Caracterização físico-química e química da polpa probiótica de cajá em pó.....	53
Conclusão .....	56
Referências bibliográficas .....	57

## **Lista de Figuras**

### **Artigo 2: Viabilidade da ação probiótica de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis B94 em polpa de cajá**

Figura 1 - Comportamento cinético do desenvolvimento de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis na polpa de cajá e no meio controle por meio do gráfico número de células viáveis (NCV) versus tempo ..... 31

Figura 2- Comportamento cinético do desenvolvimento de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis na polpa de cajá e no meio controle. a) Gráfico pH versus tempo; b) Gráfico acidez versus tempo ..... 32

### **Artigo 3: Secagem de polpas de cajá com adição de culturas probióticas em leite de jorro**

Figura 1- - Superfície de resposta do número de células viáveis em função da concentração de inulina e temperatura (A) e concentração de maltodextrina e inulina (B) ..... 50

## **Lista de Tabelas**

### **Artigo 1: Utilização de polpa de frutas probióticas em pó como alimento funcional: aspectos gerais e perspectivas**

Tabela 1 - Estudos referentes a elaboração de polpas de frutas probióticas em pó. .... 17

### **Artigo 2: Viabilidade da ação probiótica de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis B94 em polpa de cajá**

Tabela 1 - Caracterização físico-química das polpas integral e probiótica de cajá ..... 33

Tabela 2 - Resultados da caracterização durante o estudo de estabilidade da polpa probiótica de cajá e do meio controle. .... 35

### **Artigo 3: Secagem de polpas de cajá com adição de culturas probióticas em leite de jorro**

Tabela 1 - Resumo dos ensaios de secagem propostos pelo delineamento experimental..... 44

Tabela 2 - Caracterização da polpa de cajá probiótica..... 46

Tabela 3 - Coeficientes de regressão obtidos para rendimento e número de células viáveis ..... 47

Tabela 4 - p-valor obtido na análise de variância (ANOVA) ..... 49

Tabela 5 - Resultados obtidos nos ensaios de secagem ..... 51

Tabela 6 - Resultados obtidos na caracterização físico-química e química dos ensaios de secagem 53

**Resumo**

**Palavras-chave**

**Abstract**

**Key-words**

## Introdução

Em virtude de sua expansão continental e localização geográfica privilegiada, o Brasil é considerado um país detentor em diversidade de espécies vegetais, sendo um fator relevante para o incentivo a pesquisa científica brasileira. Como exemplo temos o gênero *Spondia*, da família botânica Anacardiaceae que apresenta cerca de 18 espécies distribuídas pela América Central, Ásia e Oceania, e possuem cerca de 6 dessas espécies nativas no Nordeste brasileiro, popularmente conhecidas por: cajazeira, siriguelreira, cajaraneira, umbuzeiro, umbu-cajá, umbuguela (SANTOS et al, 2018). A *Spondia mombin* L., o cajá, é um fruto com um cultivo abrangente em quase todo Brasil, é considerado um fruto extremamente aromático, rico em carotenoides, alto teor de taninos, tornando-se conseqüentemente um importante antioxidante natural, sendo essas características aliadas a alta procura e comercialização do fruto (OLIVEIRA et al, 2014).

Tratando-se de um fruto com alto valor de interesse econômico e nutricional, é de total proveito para o produtor e consumidor o uso do cajá como fonte para alimentos que possam ser fisiologicamente ativos e viáveis a saúde. Alimentos que trazem consigo mecanismos de defesa biológica, melhoria de desempenho em atividades físicas, prevenção, tratamento ou retardo de doenças, além da nutrição, são ditos funcionais, destacando-se por serem similares a um alimento convencional, sendo consumido como parte habitual da dieta, mas com capacidade comprovada de promover benefícios fisiológicos com constatação clínica (COSTA & ROSA, 2016). Uma possível opção com o intuito de agregar valor ao cajá é a associação de micro-organismos probióticos, uma vez que atualmente são poucas as pesquisas encontradas com a incorporação de polpa de fruta com micro-organismos probióticos (TRIPATHI & GIRI, 2014).

Neste contexto, observa-se que os probióticos são incorporados em produtos lácteos, como iogurtes, leites fermentados, entre outros, privando consumidos com intolerância ou níveis alterados de lactose e colesterol do consumo desses produtos. Por se tratar de produtos que estão diretamente ligados ao bom funcionamento da microbiota presente na flora intestinal, sendo a mesma um complexo sistema de comunicação no organismo, é nítida a necessidade do desenvolvimento de sucos de frutas adicionados de probióticos representando uma opção de diversificação de produtos para a indústria, como alternativa aos produtos lácteos (HUGO et al, 2016; PAIM et al., 2016). Mas, para que um alimento seja considerado probiótico, recomenda-se que ele contenha no mínimo de  $10^8$  a  $10^9$  UFC/g de produto, sendo as bactérias do gênero *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* as mais amplamente utilizadas para o consumo humano (ANVISA, 2013; OMS, 2006; TRIPATHI & GIRI, 2014).

Por possuir alto teor de umidade, sendo consideradas como alimentos altamente perecíveis, as frutas e alguns produtos oriundos delas exigem métodos de conservação e processamento, com o intuito de reduzir as perdas pós-colheita, proteger contra as reações de degradação, contribuir para a

concentração de nutrientes, além de possibilitar sua disponibilidade em qualquer período do ano. Entre os métodos de conservação, a secagem foi um dos primeiros utilizados pelo homem, com o intuito de prolongar a vida útil do produto, proporcionando um produto conveniente para o consumidor (JAFARI et al., 2017).

Sendo as frutas do gênero *Spondias* um interessante meio para veicular micro-organismos probióticos, tem-se em contrapartida os fatores que podem ser considerados negativos quando associados ao armazenamento com baixas temperaturas, no caso do congelamento das polpas, podendo trazer uma inviabilidade celular para as bactérias. Com isso, é nítida a necessidade de associar um método de conservação a junção da polpa de cajá com a bactérias probiótica, buscando assim uma alternativa industrial para aumentar a preservação das polpas, a manutenção da viabilidade da bactéria probiótica e a qualidade das propriedades funcionais do produto obtido (BROECKX et al, 2016; ZACCARDI et al, 2017).

Ao buscar na literatura é possível encontrar alguns estudos disponíveis envolvendo a produção de pós de frutas probióticos utilizando a técnica de microencapsulação dos micro-organismos, protegendo as culturas de condições adversas de estocagem, no entanto, são escassas pesquisas utilizando a desidratação em leito de jorro. A escolha da secagem em leito jorro partiu do pressuposto que a partir desse método obtêm-se um pó com granulometria fina e uniforme, utilizando tempos de contato curtos durante o processo, além de apresentar menor inativação pelo calor pelo fato de utilizar temperaturas de ar de secagem baixas, o que propicia o interesse à utilização dessa técnica, já que se trata de um produto com materiais termossensíveis (polpa de fruta e bactéria mesófila) (FERREIRA et al, 2015; BROECKX et al., 2016).

## **Objetivos**

### **- Objetivo geral**

Estudar o comportamento e viabilidade da bactéria *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis em polpa de cajá integral, visando a obtenção de um produto em pó, obtido por meio de secagem em leito de jorro.

### **- Objetivos específicos**

- Obter e caracterizar quanto a parâmetros químicos e físico-químicos da polpa integral de cajá;
- Realizar a cinética de fermentação buscando o ponto ótimo de crescimento;
- Inocular a bactéria, com o intuito de obter as polpas de cajá com cultura probiótica (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis) em larga escala;
- Caracterizar quanto a parâmetros químicos e físico-químicos e quantificar o número de células viáveis;
- Realizar o acompanhamento da viabilidade da polpa probiótica por 28 dias, sendo realiza análises de pH, acidez, brix e número de células viáveis a cada 7 dias;
- Com auxílio do delineamento experimental (DOE), obter a matriz de experimentos para estudo da influência das três variáveis de entrada no processo de secagem (temperatura de entrada, concentração de maltodextrina e concentração de inulina), totalizando 11 ensaios;
- Obter a polpa de cajá probiótica em pó, avaliando as variáveis de resposta (rendimento e número de células viáveis);
- Caracterizar os 11 experimentos da polpa de cajá probiótica em pó quanto a parâmetros químicos e físico-químicos.



## **Procedimentos Experimentais**

O desenvolvimento experimental deste estudo foi conduzido no Laboratório de Armazenamento e Processamento de Produtos Agrícolas (LAPPA) e no Laboratório de Engenharia de Alimentos (LEA), ambos pertencentes à Universidade Federal de Campina Grande, na Paraíba.

### **- Matéria-prima**

Serão utilizados frutos de cajá em estágio de maturação maduro, provenientes do cariri paraibano, cultura comercial probiótica liofilizada de *Bifidobacterium animalis* ssp. Lactis (DELVO®PRO LAFTI B94), maltodextrina de dextrose equivalente (DE 10), inulina (HPX®) e a oligofrutose (P95®) como adjuvantes de secagem e agentes carreadores.

Como material inerte durante o processo de secagem, será utilizado partículas de poliestireno do tipo 849, produzido pela EDN, Camaçari-BA. Esses materiais foram caracterizados quanto ao seu diâmetro médio ( $d_p = 2,891 \text{ mm}$ ), massa média ( $m_p = 16,63 \text{ mg}$ ), fator de forma ( $\phi = 0,86$ ), densidade ( $\rho_p = 0,64 \text{ g/cm}^3$ ) e sua área superficial ( $S = 157,98 \text{ cm}^2/\text{g}$ ) (SANTOS et al., 2015).

### **- Processamento do cajá para obtenção da polpa**

Inicialmente os frutos foram recepcionados, selecionados e pesados no laboratório para posterior higienização. Estes, foram submetidos a uma lavagem com água corrente, visando remover sujidades e materiais estranhos, sendo sanitizados logo após em solução de hipoclorito de sódio, a 50 ppm de cloro ativo, por 15 minutos e, posteriormente, enxaguados em água corrente a fim de se retirar o excesso da solução. Após a higienização obtenção da polpa de cajá foi realizada em despulpadeira horizontal de aço inoxidável. A polpa obtida foi armazenada em garrafas plásticas de polietileno e estocada em freezer vertical, a  $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ , para posterior realização das análises químicas e físico-químicas.

### **- Inoculação do micro-organismo**

A cultura probiótica comercial será adicionada às polpas de cajá em uma concentração de 1% (m/m), conforme método de Paim et al. (2016). O micro-organismo será incubado na polpa com pH inicial das polpas será ajustado até 7, com NaOH, visto que esta base é considerada um aditivo alimentar com função de reguladora da acidez (“Informe Técnico nº 33, de 25 de outubro de 2007 - Busca - Anvisa,”), a  $37 \text{ }^\circ\text{C}$  por um tempo determinado por meio de uma cinética de fermentação. Salienta-se que testes preliminares serão realizados para ajustes de metodologia.

### **- Cinética de desenvolvimento**

Após incubadas, as polpas foram mantidas à 37 °C por um período de 30 horas, havendo acompanhamento a cada 3 horas com realização da contagem do número de células viáveis segundo International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006.) e das análises de pH e acidez, seguindo a metodologia da AOAC (2010). A inoculação e o acompanhamento cinético foram realizados na polpa de cajá e no meio controle, composto por meio de cultura Man Rogosa Sharpe– MRS, com adição de L-cisteína 0,05%, sempre em ambiente asséptico.

### **- Número de células viáveis**

A contagem de micro-organismos probióticos será realizada a partir da diluição seriada de uma amostra do produto em água peptonada 1% (m/v) de acordo com metodologia da International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006). O plaqueamento será realizado em placas de Petri por inoculação em profundidade de Agar MRS, adicionado de L-cisteína a 0,5 g/L com adição de sobrecamada (De MAN, ROGOSA & SHARPE, 1960), incubadas a 35°C por 72 horas em jarras de anaerobiose contendo sistema de remoção de oxigênio, seguida da contagem de unidades formadoras de colônia (UFC), que deverá estar entre  $10^8$  e  $10^9$  (ANVISA, 2016; FAO, 2006).

### **- Viabilidade da polpa de cajá probiótica**

Para a avaliação da viabilidade da polpa probiótica, a mesma foi submetida ao armazenamento sob refrigeração ( $4 \pm 2$  °C) por 28 dias, sendo analisadas após 1, 7, 14, 21 e 28 dias para obtenção dos parâmetros de pH, acidez, sólidos solúveis totais (°Brix) segundo AOAC (2010), bem como o acompanhamento da contagem das culturas probióticas através do número de células viáveis seguindo a metodologia proposta por International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006). O acompanhamento da estabilidade da bactéria probiótica foi efetuado na polpa de cajá probiótica e no meio controle, composto por meio de cultura Man Rogosa Sharpe– MRS, com adição de L-cisteína 0,05%.

### **- Obtenção da polpa de cajá probiótica em pó**

A secagem da polpa de cajá probiótica foi realizada por leito de jorro da marca LabMiq do Brasil, modelo FBD 1.0 As variáveis fixas no processo foram: vazão de ar de 2,96 L/min, pressão de ar no bico atomizador de 3,0 bar, vazão de suspensão no bico atomizador de 5,0 g/min, vazão de ar no bico de 20 L/min e peso das partículas inertes de 1000 g. As temperaturas de entrada do processo, foi estudada conforme planejamento experimental, variando de 50 a 70 °C. O pó obtido foi

previamente pesado, transferido para uma embalagem plástica metalizada para ser selado e armazenado.

#### **- Caracterização físico-química e química da polpa de cajá probiótica líquida e em pó**

**pH:** A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) foi realizada através de leitura direta em um pHmetro previamente calibrado, segundo as normas descritas por AOAC (2010).

**Acidez total titulável:** A análise de acidez foi realizada conforme as normas descritas por AOAC (2010), utilizando hidróxido de sódio 0,1M como titulante e fenolftaleína 1% como indicador, sendo estabelecido como ponto de viragem a coloração rósea das amostras. Os resultados foram expressos em percentagem de ácido cítrico.

**Sólidos solúveis totais:** Realizado segundo o método refratométrico segundo as normas de AOAC (2010), expresso em °Brix.

**Teor de água:** Determinado pelo método analítico descrito por AOAC (2010), em estufa a 105°C por 24 horas, com resultados expressos em percentagem (%).

**Sólidos totais:** Realizado pelo método analítico descrito por AOAC (2010), sendo o valor resultando da diferença de 100% do teor de água, com resultados expressos em percentagem (%).

**Fenólicos totais:** Para a determinação do teor de fenólicos totais, foi utilizado o método descrito por Singleton and Rossi (1965) com reagente de Folin-Ciocalteu e leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) a 725nm. Para a obtenção da curva analítica utilizou-se uma solução padrão de ácido gálico.

**Ácido ascórbico:** Determinado conforme metodologia descrita por Keller and Schwager (1977), utilizando como agente oxidante o DCPIP (2,6-dichlorophenolindophenol), com leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) a 520nm. Para obtenção da curva analítica, utilizou-se ácido ascórbico a 0,01%, empregando água para branco.

**Açúcares redutores:** A quantificação foi realizada aplicando a metodologia proposta por Miller (1959), utilizando DNS (ácido 3,5-dinitrosalicílico) como agente oxidante, com leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) a 575nm. Para obtenção da curva analítica, utilizou-se glicose a 5%, empregando água para branco.

**Carotenoides:** Determinado segundo metodologias descritas por Lichtenthaler, (1987), utilizando acetona 80% como agente extrator do composto bioativo, com leitura em espectrofotômetro (Agilent Technologies Cary 60 UV-Vis) a 470, 646 e 663nm.

## Referências Bibliográficas

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos, 2013.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Informe Técnico nº33, de 25 de outubro de 2007. Hidróxido de sódio - INS 524, 2007.

BROECKX, G.; VANDENHEUVEL, D.; CLAES, I. J. J.; LEBEER, S.; KIEKENS, F. Drying techniques of probiotic bacteria as an important step towards the development of novel pharmabiotics. **International Journal of Pharmaceutics**, v.505, n.1-2, p.303 - 318, 2016.

Costa, N. M. B., & Rosa, C. D. O. B. (2016). **Alimentos funcionais: componentes bioativos e efeitos fisiológicos**. Editora Rubio.

DE MAN J. C., ROGOSA M. AND SHARPE M. E. A medium for the cultivation of lactobacilli. **Journal of Applied Bacteriology**, v.23, p.130-135, 1960.

FERREIRA, A., SOUSA, S., LIMA, D., & COSTA, J. Caracterização de polpa de cajá em pó obtida pelo método de secagem em leito de jorro. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v.1, n.2, p.3997-4004, 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION (EDS.). **Probiotics in food: health and nutritional properties and guidelines for evaluation**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations : World Health Organization, 2006.

HUGO, A. A.; BRUNO, F.; GOLOWCZYC, M. A. Whey permeate containing galacto-oligosaccharides as a medium for biomass production and spray drying of *Lactobacillus plantarum* CIDCA 83114. **LWT - Food Science and Technology**, v.69, n.1, p.185-190, 2016.

**ISO 20128 | IDF 192: 2006: Milk products - Enumeration of presumptive *Lactobacillus acidophilus* on a selective medium - Colony-count technique at 37 °C**. **IDF Publications Catalogue**, [s.d.]. Disponível em: <<https://store.fil-idf.org/product/milk-products-enumeration-of-presumptive-lactobacillus-acidophilus-on-a-selective-medium-colony-count-technique-at-37-c/>>.

Acesso em: 27 ago. 2019

JAFARI, S. M.; GHALENOEI, M. G.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v.311, p.59–65, 2017.

KELLER, TH.; SCHWAGER, H. Air pollution and ascorbic acid. **Forest Pathology**, v. 7, n. 6, p. 338–350, dez. 1977.

LICHTENTHALER, H. K. [34] Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: **Methods in Enzymology**. Plant Cell Membranes. [s.l.] Academic Press, 1987. v. 148p. 350–382.

MILLER, G. L. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426–428, mar. 1959.

OLIVEIRA, G. S.; DA COSTA, J.; AFONSO, M. R.. Caracterização e comportamento higroscópico do pó da polpa de cajá liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v.18, n.10, 2014.

PAIM, D. R. S. F.; COSTA, S. D. O.; WALTER, E. H. M.; TONON, R. V. Microencapsulation of probiotic jussara (*Euterpe edulis* M.) juice by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, v.74, n.1, p.21-25, 2016.

SANTOS, D. C.; OLIVEIRA, E. N. A.; 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, E. F., DE ARAÚJO, R. R., DE LEMOS, E. E. P., & ENDRES, L. Quantificação de compostos bioativos em frutos de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) e cajá (*Spondias mombin* L.) nativos de Alagoas. **Revista Ciência Agrícola**, v.16, n.1, p.21-29, 2018.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1 jan. 1965.

TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: survival of probióticos during processing and storage. **Journal of Functional Foods**, v.9, n.1, p.225-241, 2014.

ZACCARDI, H., CASTRO, J., MÜLLER, T., ROCHA, S., & PINTO, L. Influência da temperatura de secagem em leito de jorro de pasta de vegetais enriquecida de plasma bovino nas características do produto em pó. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v.1, n.4, p.1731-1736, 2017.

## **Artigo 1: Utilização de polpa de frutas probióticas em pó como alimento funcional: aspectos gerais e perspectivas**

**Resumo:** O emprego de novos processos que possam agregar valor e aumentar a vida útil de produtos gerados a partir de frutas, bem como a preocupação com uma alimentação mais saudável, vem despertando um perfil mais inovador ao mercado de alimentos. Dentre os mais diversos tipos de alimentos funcionais, estudos recentes vêm sendo desenvolvidos destacando os probióticos. Tradicionalmente na elaboração de alimentos probióticos são utilizados produtos derivados de leite, porém, atualmente, há um aumento na demanda por produtos não lácteos, devido ao crescimento do número de consumidores veganos, intolerantes à lactose e alérgicos as proteínas do leite. O desenvolvimento de probióticos em novas matrizes vem se tornando uma opção cada vez mais atrativa para a indústria alimentícia. Logo, no presente artigo de revisão, são abordados os aspectos tecnológicos utilizados para análise da viabilidade de probióticos em polpas de frutas que por possuírem alto teor de umidade, são altamente perecíveis, necessitando da utilização de uma técnica de desidratação, com o intuito de reduzir as perdas pós-colheita, proteger contra as reações de degradação, contribuir para a concentração de nutrientes, além de possibilitar sua disponibilidade em qualquer período do ano. Sendo assim, aspectos gerais da secagem em leito de jorro são discutidos como possível processo de conservação da polpa de frutas enriquecidas com culturas probióticas.

**Palavras-chave:** viabilidade microbiana; secagem, leito de jorro.

**Abstract:** The use of new processes that can add value and increase the shelf life of products generated from fruits, as well as the concern with a healthier diet, has aroused a more innovative profile to the food market. Among the most diverse types of functional foods, recent studies have been developed highlighting probiotics. Traditionally in the production of probiotic foods dairy products are used, but nowadays there is an increase in the demand for non dairy products due to the growing number of vegan consumers, lactose intolerant and allergic to milk proteins. The development of probiotics in new matrices has become an increasingly attractive option for the food industry. Therefore, this review article deals with the technological aspects used to analyze the viability of probiotics in fruit pulps that, due to their high moisture content, are highly perishable, requiring the use of a dehydration technique in order to reduce postharvest losses, protect against degradation reactions, contribute to nutrient concentration, and enable their availability at any time of the year. Thus, general aspects of spouted bed drying are discussed as a possible preservation process of fruit pulp enriched with probiotic cultures.

**Keywords:** microbial viability; drying, spouting bed

## Introdução

O Brasil é um dos países de grande destaque no cenário mundial no que diz respeito a biodiversidade, sua posição geográfica privilegiada torna possível a acessibilidade de cultivo das mais inúmeras espécies frutíferas (SANTOS et al, 2018).

O consumo de frutas apresenta elevada aceitabilidade devido suas características sensoriais de aroma e sabor característicos, todavia o consumo das mesmas também está associado ao alto grau de perecibilidade pós-colheita, restringindo, portanto, a sua comercialização ao natural e limitando a exploração do seu potencial econômico. Sendo assim, devido aos períodos de sazonalidade, juntamente ao fato de que desde a colheita até sua venda verifica-se um elevado desperdício das que não apresentam atributos atrativos para o comércio, torna-se necessário a aplicação de tecnologias que possam fornecer um melhor aproveitamento dessas matérias-primas em diferentes épocas do ano, reduzindo as perdas e disponibilizando-as para diferentes regiões e países.

Atualmente, alimentos que trazem consigo mecanismos de defesa biológica, melhoria de desempenho em atividades físicas, prevenção, tratamento ou retardo de doenças, além da nutrição, são ditos funcionais, destacando-se por serem similares a um alimento convencional, sendo consumido como parte habitual da dieta, mas com capacidade comprovada de promover benefícios fisiológicos com constatação clínica (SILVEIRA et al, 2009).

O emprego de novos processos que possam agregar valor e aumentar a vida útil de produtos gerados a partir de frutas, bem como a preocupação com uma alimentação mais saudável, aliada à diversidade de pesquisas na área agroindustrial, vem despertando um perfil mais inovador ao mercado de alimentos. A possível utilização da polpa de frutas pela indústria como principal elemento de diversos gêneros alimentícios, demonstra um papel importante, principalmente no sentido de promover o desenvolvimento de alimentos funcionais que, além de suprirem as necessidades nutricionais, promovem uma vida mais saudável.

Dentre os mais diversos tipos de alimentos funcionais, estudos recentes vêm sendo desenvolvidos destacando os probióticos (PAIM et al., 2016, CARVALHO et al., 2017, GALLINA, D. et al., 2018; LEITE, et al. 2018)

Os probióticos são definidos como micro-organismos vivos que quando administrados em quantidades adequadas conferem benefícios à saúde do hospedeiro (KUMAR; KUMAR, 2016). Para que um alimento seja considerado probiótico, recomenda-se que ele contenha no mínimo de  $10^8$  a  $10^9$  UFC/g de produto, sendo as bactérias do gênero *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* as mais amplamente utilizadas para o consumo humano (TRIPATHI e GIRI, 2014). Mesmo com grande relevância sobre aspectos positivos à saúde, as bífidos bactérias ainda possuem um uso reduzido quando comparado ao das bactérias lácticas (HOLKEM et al., 2016).

Tradicionalmente na elaboração de alimentos probióticos são utilizados produtos lácteos. Porém, atualmente, há um aumento na demanda por produtos que não possuam origem animal, devido ao crescimento do número de consumidores veganos, bem como intolerantes à lactose e alérgicos as proteínas do leite. A inclusão de probióticos em alimentos não lácteos vem se tornando uma opção cada vez mais atrativa para a indústria alimentícia (PERRICONE et al., 2015). Portanto, o uso desses microrganismos já vem sendo incorporados em diversos produtos, seja na forma de bebidas ou até mesmo como suplementos em cápsulas (HOLKEM et al., 2016). Para a microencapsulação de probióticos, métodos de secagem vêm sendo utilizados, como a atomização, fluidização e liofilização (DIMITRELLOU et al., 2016).

Neste contexto, observa-se que os probióticos são incorporados em produtos lácteos, como iogurtes, leites fermentados, entre outros. Por se tratar de produtos que estão diretamente ligados ao bom funcionamento da microbiota presente na flora intestinal, sendo a mesma um complexo sistema de comunicação no organismo, é nítida a necessidade do desenvolvimento de sucos de frutas adicionados de probióticos representando uma opção de diversificação de produtos para a indústria, com utilização de uma nova matriz vegetal (HUGO et al, 2016; PAIM et al., 2016).

Por possuir alto teor de umidade, sendo consideradas como alimentos altamente perecíveis, as frutas e alguns produtos oriundos delas exigem métodos de conservação e processamento, com o intuito de reduzir as perdas pós-colheita, proteger contra as reações de degradação, contribuir para a concentração de nutrientes, além de possibilitar sua disponibilidade em qualquer período do ano (JAFARI et al., 2017).

Partindo do princípio que os produtos oriundos de frutas apresentam de maneira geral um alto teor de água e necessitam de métodos de conservação pelo uso de frio, deve-se salientar que fatores considerados negativos quando associados ao armazenamento com baixas temperaturas, no caso do congelamento das polpas, por exemplo, podem ocasionar a inviabilidade celular das bactérias. Com isso, é nítida a necessidade de associar novo método de conservação a inoculação da bactéria probiótica em polpas de frutas.

Dentre os processos de conservação, a secagem tem o intuito de prolongar a vida útil, proporcionando um produto de qualidade para o consumidor buscando assim uma alternativa industrial para aumentar a preservação das polpas, a manutenção da viabilidade da bactéria probiótica e a qualidade das propriedades funcionais do produto obtido (BROECKX et al, 2016; ZACCARDI et al, 2017).

Ao buscar na literatura é possível encontrar alguns estudos disponíveis envolvendo a produção de pós de frutas probióticos utilizando a técnica de microencapsulação dos micro-organismos, protegendo as culturas de condições adversas de estocagem, no entanto, são escassas pesquisas utilizando a desidratação em leito de jorro. A escolha da explanação a cerca da secagem em leito jorro



parte do pressuposto que a partir desse método é possível obter um pó com granulometria fina e uniforme, utilizando tempos de contato curtos durante o processo, além de apresentar menor inativação pelo calor pelo fato de utilizar temperaturas de ar de secagem baixas, elucidando o interesse à utilização dessa técnica, já que se trata de um produto com compostos termolábeis (FERREIRA et al, 2015; BROECKX et al., 2016).

Sendo assim, visando a obtenção e preservação de polpas de frutas probióticas em pó, a secagem por meio do secador em leito de jorro torna-se uma excelente alternativa de perfil inovador que segundo Tontul e Topuz (2017) possibilita a manutenção e viabilidade dos microrganismos durante a estocagem por maiores períodos de armazenamento, reduzindo as condições adversas durante a vida de prateleira e garantindo a permanência das propriedades funcionais (HUANG et al., 2016).

Devido à importância desse assunto atualmente para a área das ciências e suas tecnologias, neste artigo de revisão, serão abordados os aspectos tecnológicos utilizados no desenvolvimento de culturas probióticas em polpas de frutas submetidas ao processo de secagem em leito de jorro que permitem aumentar a sua viabilidade durante a fermentação, processamento e utilização nos produtos alimentícios.

## **Revisão**

### **- Aspectos gerais dos alimentos funcionais**

O perfil alimentar dos brasileiros vem se alterando gradativamente, sendo caracterizado pelo consumo deficiente de nutrientes necessários para o bom funcionamento do organismo. Esses maus hábitos, estão diretamente ligados ao aumento de doenças crônicas e obesidade (REIS et al, 2016).

Para grande maioria da sociedade, o papel dos alimentos é de fundamental importância para uma boa qualidade de vida. A função inicial dos alimentos como fonte de energia e crescimento vem se transformando num perfil mais biológico por meio de estudos da ação dos componentes presentes nos mesmos. Por conseguinte, é de total interesse do consumidor, produtos novos, de fácil acesso e alto valor nutritivo. Com isso, o mercado de consumo e produção alimentícia vem investindo na elaboração de "alimentos funcionais".

O uso de certos alimentos para redução do risco de doenças é considerado a milhares de anos, entretanto, somente no final do último século houve o início de uma renovação do interesse por esse assunto. Em consequência disso, surgiu um aumento do consumo de alimentos que além dos aspectos nutricionais, possuem propriedades funcionais, atribuídas a presença de substâncias fisiologicamente ativas, através de suas propriedades antioxidantes (LAHTEENMAKI, 2013).

O mercado de alimentos funcionais tem sido de grande destaque no cenário mundial, as tendências relacionadas aos mesmos vêm evoluindo e crescendo em diferentes proporções de acordo com os países, segundo Corbo et al. (2014) isto ocorre devido a diferenças sociodemográficas e socioculturais na percepção do consumidor e aceitação de produtos funcionais.

Os alimentos funcionais surgiram no Japão, em meados dos anos 80, referindo-se a alimentos que são capazes de apresentar benefícios fisiológicos e/ou redução de doenças, além das funções nutricionais básicas, sendo de suma importância a comprovação científica clínica da sua eficácia. Estando eles, totalmente ligados ao estilo de vida, nota-se a necessidade de os alimentos funcionais englobarem fatores capazes de suprir o empobrecimento de nutrientes, podendo ser vistos como um escape para os consumidores que não possuem uma boa alimentação, seja por questões rotineiras da atualidade ou por hábitos corriqueiros (MORAES et al, 2018).

De acordo com Carvalho et al. (2017) os alimentos tidos como funcionais são comumente classificados como aqueles que além de suprirem as funções nutritivas básicas, quando consumidos como parte da dieta usual, podem demonstrar benefícios adicionais em uma ou mais funções do organismo, trazendo melhorias do estado de saúde e bem-estar ou diminuindo o risco de doenças.

Arruda et al. (2018) afirmam que os alimentos funcionais podem ser classificados em função do próprio alimento ou da presença de componentes bioativos que estejam presentes na sua composição, como as fibras, os fitoquímicos, vitaminas, minerais essenciais, peptídeos bioativos, os probióticos, as ervas, os ácidos graxos e ômega 3. Esses alimentos, possuem potencial para promover a saúde através de mecanismos não previstos da nutrição convencional, sendo efeitos que se restringem a promoção de saúde e não a cura de doenças. Entre os alimentos funcionais, os alimentos com microrganismos probióticos são de grande importância, podendo ainda destacar os prebióticos e simbióticos.

A produção de alimentos funcionais, contendo bactérias probióticas, é uma área que vem ganhando destaque na indústria alimentícia nos últimos anos. Os consumidores estão mais conscientes da relação entre boa alimentação e saúde, e por isso tem aumentado a procura por alimentos que, além de nutrir, proporcionem benefícios à saúde dos consumidores (MOUSAVI et al., 2011, NOSRATI et al., 2014).

### **- Probióticos e suas principais características**

Estudos afirmam que os probióticos representam um alimento funcional arquetípico definidos como microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem um benefício a saúde do consumidor, ou seja, funciona como um suplemento microbiano vivo, que afetam benéficamente a saúde melhorando o equilíbrio microbiano intestinal (HILL et al., 2014; VANDENPLAS, 2015).

Múltiplos estudos descreveram dentre seus benefícios para a saúde, principalmente quando estão em condições adequadas de concentração, o controle da microbiota intestinal, onde manter o equilíbrio da mesma pode assegurar uma suplementação sistemática resultando em fatores positivos relacionados a efeitos antagônicos, imunológicos e a resistência a patógenos, ou seja, ocorre a proliferação de bactérias benéficas, estabilização da microbiota intestinal após o uso de antibióticos, promoção da digestão da lactose em indivíduos intolerantes, estimulação do sistema imunológico, alívio da constipação e aumento da absorção de minerais e vitaminas, propriedades antimutagênicas e anticancerígenas. Na saúde do consumidor, os probióticos possuem uma influência benéfica diretamente ligada a microbiota intestinal (MARHAMATIZADEH et al., 2012; BORRE et al., 2014; HUGO et al., 2016; HUANG et al., 2016; CARVALHO et al., 2017).

A importância da microbiota é relacionada com um complexo sistema de comunicação no organismo, como por exemplo, o eixo microbiota-intestino-cérebro, o qual representa uma rede complexa de comunicação bidirecional entre a microbiota intestinal, o intestino e o cérebro, capaz de modular a função imune, gastrointestinal e do sistema nervoso central. Essas modulações contribuem para a manutenção da homeostase do organismo e para o neurodesenvolvimento (BORRE et al., 2014).

Na literatura, estudos comprovaram que o mecanismo de ação dos probióticos estão diretamente relacionados com a competição por nutrientes e sítios de adesão, e a produção de metabólitos antimicrobianos, sendo assim, capazes de colonizar o intestino, sintetizando compostos que possuem influência direta na instalação e permanência de patógenos, são eles: ácidos orgânicos voláteis, bacteriocinas e peróxido de hidrogênio (MORAES et al., 2018).

Porém, para que os efeitos benéficos ocorram, de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a dose mínima diária da cultura probiótica considerada terapêutica é de  $10^8$  a  $10^9$  UFC (Unidades Formadoras de Colônia), o que corresponde ao consumo de 100 g de um produto de produto que contenha  $10^6$  a  $10^7$  UFC/g ou mL (ANVISA, 2013). Contudo, para atender as especificações de um alimento probiótico, a bactéria deve ser inócua, possuir viabilidade para suportar a estocagem e transporte, tolerar o pH do suco gástrico e possuir propriedades de resistência a fagos e oxigênio (MELO et al., 2016).

Buscando satisfazer esse novo mercado, bactérias probióticas vêm sendo incorporadas em uma grande variedade de alimentos e bebidas que fazem parte de uma dieta normal como iogurtes, queijos, sorvetes, sucos, chocolates, cereais e produtos cárneos (MENEZES et al., 2013). Desse modo o consumidor pode desfrutar de refeições saborosas ao mesmo tempo em que promove efeitos benéficos à própria saúde (COMAN et al., 2012).

Os produtos probióticos são divididos em dois tipos: produtos probióticos lácteos como diferentes iogurte, queijo, iogurte, sorvete, fórmula infantil, bebidas com soro e sobremesas leiteiras

(MOHAMMADI et al., 2012). Produtos probióticos não lácteos como grãos, doces, diferentes bebidas como suco e cerveja não alcoólica, alimentos para bebês e produtos à base de carne (SOHRABVANDI et al., 2010).

Os probióticos foram primeiramente adicionados ao iogurte, assim como aos outros produtos lácteos fermentados. No entanto, um aumento na procura por produtos probióticos não lácteos passou a existir devido a fatores ligados a intolerância e alergia a componentes do leite, bem como pessoas que não ingerem produtos de origem animal, dentre outros (PEREIRA et al., 2011; ANTUNES et al., 2013; PERRICONE et al., 2015). Desta forma, passaram-se a desenvolver produtos probióticos de várias matrizes alimentares, incluindo frutas, vegetais, assim como suas misturas (MOHAMMAD et al., 2016; CARDOSO et al., 2015; MOUSAVI, et al., 2011).

Pesquisas desenvolvidas constam que o uso de probióticos em sucos de frutas e vegetais podem ser uma boa alternativa para grupo de pessoas com necessidades especiais como descrito anteriormente (MOHAMMADI et al., 2012; RÖBLE et al., 2010). Os sucos de frutas melhoram amplamente a saúde e possuem uma grande quantidade de antioxidantes, vitaminas, minerais, fibras dietéticas e outras substâncias nutricionais úteis para o organismo humano (SOHRABVANDI et al., 2010; PEREIRA et al., 2011).

Microrganismos probióticos, quando empregados em alimentos com alegação de propriedade funcional, devem apresentar resistência às operações de processamento e viabilidade durante o período de armazenamento do produto de acordo com Akin et al., (2007), o que justifica a utilização de um processo de secagem que possibilita essas condições.

### **- Principais bactérias probióticas e viabilidade celular**

Os microrganismos classificados como probióticos segundo a ANVISA (2013) são: *Lactobacillus acidophilus*; *Lactobacillus casei shirota*; *Lactobacillus casei* spp. *rhannosus*; *Lactobacillus casei* spp. *defensis*; *Lactobacillus paracasei*; *Lactococcus lactis*; *Bifidobacterium bifidum*; *Bifidobacterium animalis* (incluindo a spp. *B. lactis*); *Bifidobacterium longum* e *Enterococcus faecium*.

Contudo, as bactérias mais amplamente utilizadas em alimentos probióticos são pertencentes aos gênero *Bifidobacterium* e *Lactobacillus*, ambas fazem parte do organismo humano e são consideradas desejáveis por possuírem propriedades funcionais quando utilizadas isoladamente ou em conjunto, além de haver a disponibilidade comercial, facilitando conseqüentemente o acesso as mesmas (WITSCHINSKI et al, 2018).

De acordo com Silva (2016) na indústria, para um desenvolvimento com viabilidade celular, deve-se atender a parâmetros que melhorem a sobrevivência dessas bactérias probióticas, tais como: faixas de pH e temperatura adequadas, embalagens com barreira de oxigênio ou atmosfera

modificada, adição de ingredientes antioxidantes como glucose oxidase, cisteína ou ácido ascórbico, além da função protetora exercida pela própria matriz alimentícia

Embora essas culturas probióticas possam apresentar grande variabilidade morfológica em relação as condições de crescimento, quantidade de metabólitos e respostas a nutrientes, as bifidobactérias são de interesse no viés da pesquisa, tendo em vista a dificuldade de encontrar informações sobre as variações das suas especificações de crescimento. Além disso, as bifidobactérias assim como os lactobacilos podem trazer diversos benefícios no controle de infecções intestinais, no tratamento relacionado a intolerância a lactose, inativação de compostos tóxicos e no alívio de sintomas gastrointestinais em mulheres com síndrome pré-menstrual (SILVA, 2016).

Tratando-se do armazenamento a baixas temperaturas quando associado a produtos com uso dessas bactérias, como por exemplo no congelamento de polpas de frutas probióticas, observa-se um fator considerado negativo em virtude dos possíveis danos que a temperatura pode oferecer aos microrganismos probióticos, ocasionando uma inviabilidade celular para as bactérias (YAHIA, 2010; BROECKX et al., 2016).

Com isso, é nítida a necessidade de associar um método de conservação a junção da polpa de frutas com cultura probiótica, buscando assim uma alternativa para aumentar a preservação das polpas, a manutenção da viabilidade da bactéria probiótica e a qualidade das propriedades funcionais do produto obtido (BROECKX et al, 2016; ZACCARDI et al, 2017).

### **- Polpa de frutas probióticas em pó**

O desenvolvimento de tecnologias acessíveis para produção de pós de frutas com características probióticas, surge como alternativa de melhorar o aproveitamento da matéria-prima oriunda dessas espécies, com possibilidades de aumento de renda em toda a cadeia produtiva do segmento junto a agroindústria regional, ao disponibilizar um novo produto no segmento de frutas desidratadas com alegação funcional.

A indústria de alimentos em pó tem apresentado crescimento devido às vantagens que a utilização e manejo dos materiais oferecem, principalmente, no que diz respeito ao seu emprego como matéria-prima ou aditivo, à facilidade de conservação em longo prazo e ao baixo custo com transporte e armazenamento (SOUZA, 2009).

Na literatura estão disponíveis alguns estudos para produção de frutas probióticas em pó com uso de diferentes microrganismos e processos de secagem. Na Tabela 1 estão inseridos alguns trabalhos que foram desenvolvidos visando a obtenção de pós probióticos à base de frutas, acompanhada do método de secagem que foi utilizado e da cultura probiótica. Algumas pesquisas conciliam os probióticos e os prebióticos.

Tabela 1 - Estudos referentes a elaboração de polpas de frutas probióticas em pó.

Referência	Fruta	Método de secagem	Micro-organismo
PAIM et al. (2016)	Jussara	Spray drying	<i>Bifidobacterium spp. Lactis</i>
BARBOSA et al. (2015)	Laranja	Spray drying	<i>Lactobacillus plantarum</i> e <i>Pediococcus acidilactici</i> *
ANEKELLA; ORSAT (2013)	Framboesa	Spray drying	<i>Lactobacillus acidophilus</i> e <i>Lactobacillus rhamnosus</i>
LIMA (2013)	Banana	Liofilização	<i>Lactobacillus acidophilus</i>
PEREIRA et al. (2011)	Caju	Spray drying	<i>Lactobacillus casei</i>
ALMEIDA (2012)	Abacaxi	Spray drying	<i>Lactobacillus casei</i>
ROCHA (2013)	Tangerina	Leito de jorro	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> *
MESTRY et al. (2011)	Cenoura com melancia	Spray drying	<i>Lactobacillus acidophilus</i>

\*Prebióticos.

Silva et al. (2015) salientam que um dos fatores que apresenta grande relevância na qualidade de pós de frutas é a atividade de água, devido ao fato deste parâmetro ser de fundamental importância para a conservação e armazenamento de um produto, em razão de influenciar diretamente nas características de sua composição e na sua estabilidade.

De acordo com Mestry et al. (2011), o pó de suco fermentado é altamente desejável porque o produto seco potencialmente tem vida de prateleira mais longa e menor custo de transporte. Além disso, os pós probióticos de suco de frutas e vegetais podem ser usados em bebidas probióticas, sorvetes probióticos, xaropes, sopas preparadas, dentre outros.

Mediante explanação pode ser observado que a existência de trabalhos utilizando o método de secagem em leito de jorro são escassos. Todavia, as técnicas desse método têm evoluído consideravelmente, ocupando importante lugar no processamento de alimentos substituindo inclusive o método de “spray drying” em alguns casos.

### - Método de secagem em leito de jorro

A secagem é um dos métodos de conservação mais empregado atualmente para aumentar a qualidade de alimentos líquidos e pastosos, como polpa de frutas, tendo como principal intuito a obtenção de um produto em pó com elevado valor agregado.

Entre os métodos de secagem que surgiram, a técnica do leito de jorro foi desenvolvida, em 1974, pelos pesquisadores canadenses Mathur e Gislher, para a secagem de grãos. Nos anos seguintes

diversas pesquisas foram realizadas com o equipamento para uma variedade de materiais, ampliando o conhecimento e a aplicação dessa técnica em todo mundo (MARTHUR & EPSTEIN, 1974; EPSTEIN & GRACE, 2011).

No Brasil, a secagem de frutas tropicais utilizando os secadores de leito de jorro tem sido muito estudada, devido à excelente qualidade dos produtos em pó que estão sendo obtidos (ROCHA et al., 2011).

A secagem por leito de jorro é considerada como um tipo de secagem de baixo custo e capaz de produzir produtos com qualidade semelhante aos obtidos por outros métodos tradicionais de secagem. A secagem de pastas e suspensões em leito de jorro tem se mostrado uma alternativa à secagem em “spray drying”. Uma das principais vantagens da secagem por leito de jorro é o fato de se poder trabalhar a baixas temperaturas, quando comparadas com outras técnicas de secagem (FUJITA et al., 2013). Essas temperaturas podem contribuir para a sobrevivência do microrganismo probiótico durante e após a secagem, já que as altas temperaturas utilizadas durante a tradicional secagem por “spray drying” é a principal causa da perda de viabilidade de culturas probióticas (GOLOWCZYC et al., 2011).

Dessa forma, a secagem em leito de jorro é vista como um processo que promove a evaporação da água presente no alimento, conservando o teor de vitaminas e nutrientes do mesmo, produzindo assim um pó com estabilidade e preservação das características organolépticas do produto *in natura* (PONTES JÚNIOR et al, 2015).

Diversos estudos têm evidenciado que a utilização do secador tipo leito de jorro difunde-se das demais devido as suas principais características, sendo estas: capacidade de proporcionar excelente grau de mistura e eficiente contato entre o fluido e o material sólido, alta taxa de circulação de partículas inertes, bons coeficientes de transferência de calor e massa e a uniformidade da temperatura no leito, tudo em tempos de contato curtos contribuindo desta maneira para a qualidade do produto (MELO et al, 2010). De acordo com Rocha et al. (2008) a secagem utilizando o leito de jorro permite que se obtenha um pó com granulometria fina e uniforme.

Na forma original e convencional, o leito de jorro é constituído basicamente por uma coluna cilíndrica e uma base cônica, onde se localiza a entrada do fluido que irá escoar pelo material particulado, na maioria das vezes o ar. O jorro é formado quando a vazão de ar é suficiente para provocar o movimento ascendente das partículas acima do leito, podendo ser observado por regiões: região central ou canal de jorro, caracterizada pelo movimento ascendente das partículas; região da fonte, denotada como a região acima da superfície do leito; região anular, que apresenta comportamento semelhante a um leito deslizante. O movimento completo realizado é estabelecido como um movimento cíclico e sistemático, capaz de proporcionar uma mistura eficaz do material particulado e um elevado grau de contato entre as fases fluido e sólido (SOUZA, 2017).

Para garantir total eficiência do processo, deve-se manter valores altos de coeficientes de transferência de calor e massa, ampla área de contato, fornecimento elevado de calor pelo gás de secagem, temperatura invariável ao longo da câmara de secagem, injeção de suspensões concentradas para diminuir a quantidade de água a ser evaporada e emprego de ar com temperaturas elevadas na entrada (MACHADO et al, 2015).

No entanto, materiais ricos em açúcares e ácidos de baixo peso molecular, como as polpas de frutas, produzem pós muito higroscópicos, suscetíveis à aglomeração e com problemas de fluidez. Contudo, este problema pode ser evitado ou, pelo menos, minimizado com a adição dos adjuvantes de secagem, que são carboidratos de alto peso molecular, como as maltodextrinas que, reduzem a higroscopicidade dos pós e facilitam o processo de secagem (BHANDARI; HOWES, 2005).

### **- Adjuvantes de Secagem**

A problemática de aglomeração devido a higroscopicidade nas polpas de frutas em pó resulta dos açúcares de baixo peso molecular que possuem baixa temperatura de transição vítrea, tornando-se gomosos quando entram em contato com temperaturas elevadas. Para solução desse problema, é necessário o uso de carboidratos de alto peso molecular que contem alta temperatura de transição vítrea e pode assim reduzir a higroscopicidade dos pós, facilitando o processo de secagem (OLIVEIRA, 2008).

De acordo com Goula e Adamopoulos (2010), comumente são utilizados como aditivos de secagem substâncias inertes, em geral de alto peso molecular, como proteínas e maltodextrina com diferentes dextroses equivalentes, sendo esses agentes capazes de estabilizar a temperatura de transição vítrea, e conseqüentemente, evitar problemas como a aglomeração, a pegajosidade e o colapso.

Diversos produtos além de amidos e dextrinas podem ser utilizados como adjuntos de secagem de polpas de frutas por atomização. Entre os aditivos, podemos citar: amido, dextrinas, açúcar, xarope de milho, celuloses, goma arábica, alginato de sódio, carragena, monoglicerídeos e diglicerídeos, óleos e gorduras hidrogenadas, poliésteres naturais, polímeros sintéticos, glúten, caseína, gelatina, albumina e quitosana. A maltodextrina é um dos aditivos mais utilizados, pois além do baixo custo, apresenta baixa higroscopicidade, evita a aglomeração das partículas, possui efeito antioxidante, e retém os voláteis na faixa de 65 a 80%. Já os frutanos, como inulina e oligofrutose, não são habitualmente usados, mas são reconhecidos como uma classe de carboidratos que, depois do amido, são os polissacarídeos não estruturais de maior ocorrência entre as plantas, possuindo alto teor de polimerização (OLIVEIRA et al., 2006; PAIM et al., 2016).

Com base na diversificação dos adjuvantes de secagem, é importante evidenciar que a escolha de qual adjuvante usar está diretamente relacionado com a sua composição, pois essas características



constituem suas propriedades funcionais e de como ele pode ser utilizada para melhorar o desempenho durante os processos de secagem, permitindo um controle sofisticado de certas propriedades do produto.

### **Conclusão**

Conclui-se que diversos estudos têm demonstrado que a utilização de polpa de frutas na elaboração de produtos probióticos em pó é viável como fonte de nutrientes para o desenvolvimento e manutenção de células probióticas numa nova matriz de origem vegetal em substituição de produtos oriundos de leite.

A utilização da técnica de secagem em leito de jorro, torna-se uma alternativa atrativa quando estima-se um produto que conserve suas principais características sensoriais e nutricionais, garantindo a obtenção de um alimento funcional com granulometria uniforme, de fácil transporte e maior tempo de armazenamento.

### **Referências Bibliográficas**

- AKIN, M. B.; AKIN, M. S.; KIRMACI, Z. Effects of inulin and sugar levels on the viability of yogurt and probiotic bacteria and the physical and sensory characteristics in probiotic ice-cream. **Food Chemistry**, v. 104, p. 93-99, 2007.
- ALMEIDA, Francisca Diva Lima. **Desidratação de suco de abacaxi probiótico por spray dryer**. 2012. 70 f. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Fortaleza, 2012.
- ANEKELLA, K.; ORSAT, V. Optimization of microencapsulation of probiotics in raspberry juice by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, v.50, p.17-24, 2013.
- ANTUNES, A. E. C., LISERRE, A. M., COELHO, A. L. A., MENEZES, C. R. Acerola nectar with added microencapsulated probiotic. **Food Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 125–131, 2013.
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos, 2013.
- ARRUDA, E. F.; OLIVEIRA, A.; DE OLIVEIRA, A. D. Avaliação de sorvete tipo iogurte à base de soja com a adição de micro-organismos probióticos. **Episteme Transversallis**, v.9, n.2, 2018.
- BARBOSA, J.; BORGES, S.; AMORIM, M.; PEREIRA, M. J.; OLIVEIRA, A.; PINTADO, M. E.; TEIXEIRA, P. Comparison of spray drying, freeze drying and convective hot air drying for the production of a probiotic orange powder. **Journal of Functional Foods**, v.17, p. 340-351, 2015.

- BHANDARI, B.R.; HOWES, T. Relating the stickiness property of foods undergoing drying and dried products to their surface energetics. **Drying Technology**, v. 23, n. 4, p. 781-797, 2005.
- BORRE, Y. E.; O'KEEFFE, G. W.; CLARKE, G.; STANTON, C.; DINAN, T. G.; CRYAN, J. F. Microbiota and neurodevelopmental windows: implications for brain disorders. **Trends in molecular medicine**, v. 20, n 9, p. 509-518, 2014
- BROECKX, G.; VANDENHEUVEL, D.; CLAES, I. J. J.; LEBEER, S.; KIEKENS, F. Drying techniques of probiotic bacteria as an important step towards the development of novel pharmabiotics. **International Journal of Pharmaceutics**, v.505, n.1-2, p.303 - 318, 2016.
- CARDOSO, B. V. S., FREIRE, J. A. P., OLIVEIRA, G. A. L., SOUSA, I. G. M., FREITAS, R. M., & NUNES, L. C. C. Prospecção tecnológica e científica de alimentos probióticos funcionais na forma de barra de cereais. **Revista GEINTEC-Gestão, Inovação e Tecnologias**, v.5, n.3, p.2273-2283, 2015.
- CARVALHO, F. L. O., UYEDA, M., DEL BUONOM, H. C., & GONZAGA, M. F. N. PROBIÓTICOS E PREBIÓTICOS: benefícios acerca da literatura. **Revista de Saúde UniAGES**, v.1, n.1, p.58-87, 2017.
- COMAN, M. M.; CECCHINI, C.; VERDENELLI, M. C.; SILVI, S.; ORPIANESI, C.; CRESCI, A. Functional foods as carriers for SYN BIO®, a probiotic bacteria combination. **International Journal of Food Microbiology**, v. 157, p. 346–352, 2012.
- CORBO, M. R.; BEVILACQUA, A.; PETRUZZI, L.; CASANOVA, P. F.; SINIGAGLIA, M. Functional Beverages: The Emerging Side of Functional Foods. **Wiley Online Library**, v.13, n.6, p.1125-1251, 2014.
- CRONIN, M; VENTURA, M; FITZGERALD, G. F; SINDEREN, D. V. Progress in genomics, metabolism and biotechnology of bifidobacteria. **International Journal of Food Microbiology**, v. 149, n. 1, p. 4-18, 2011.
- DIMITRELLOU, D.; KANDYLIS, P.; PETROVIĆ, T.; DIMITRIJEVIĆ-BRANKOVIĆ, S.; LEVIĆ, S.; NEDOVIĆ, V.; KOURKOUTAS, Y. Survival of spray dried microencapsulated *Lactobacillus casei* ATCC 393 in simulated gastrointestinal conditions and fermented milk. **LWT-Food Science and Technology**, v. 71, p.169-174, 2016.
- EPSTEIN, N.; GRACE, J. R. Introduction.. **Spouted and Spout-Fluid Beds: Fundamentals and Applications**. New York: Cambridge University press. 2011. p.1-14.

FERREIRA, A., SOUSA, S., LIMA, D., & COSTA, J. Caracterização de polpa de cajá em pó obtida pelo método de secagem em leito de jorro. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v.1, n.2, p.3997-4004, 2015.

FERREIRA, C. L. L. F. **Prebióticos e Probióticos; atualização e prospecção**. Rio de Janeiro: Editora Rubio, 2012.

FUJITA, A., BORGES, K., CORREIA, R., DE MELO FRANCO, B. D. G., & GENOVESE, M. I. Impact of spouted bed drying on bioactive compounds, antimicrobial and antioxidant activities of commercial frozen pulp of camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh). **Food Research International**, v. 54, n. 1, p. 495-500, 2013.

GALLINA, D. A.; ORMENESE, R. C. S. C.; GARCIA, A. O. Iogurte probiótico com polpa de frutas vermelhas: caracterização físico química e microbiológica, aceitabilidade sensorial e viabilidade dos probióticos. **Revista Instituto Laticínios Cândido Tostes**, v. 73, n. 4, p. 196-208, 2018.

GOLOWCZYC, M. A.; SILVA, J.; TEIXEIRA, P.; DE ANTONI, G. L.; ABRAHAM, A. G. Cellular injuries of spray-dried *Lactobacillus spp.* isolated from kefir and their impact on probiotic properties. **International Journal of Food Microbiology**, v. 144, n. 3, p. 556– 560, 2011.

GOULA, A. M.; ADAMOPOULOS, K. G. A new technique for spray drying orange juice concentrate. **Innovative Food Science and Emerging Technologies.**, v. 11, n. 2, p. 342–351, 2010.

HILL, C.; GUARNER, F.; REID, G.; GIBSON, G. R.; MERENSTEIN, D. J.; POT, B.; MORELLI, L.; CANANI, R. B.; FLINT, H. J.; SALMINEN, S.; CALDER, P. C.; SANDERS, M. E. The international Scientific Association for Probiotics and Prebiotics consensus statement on the scope and appropriate use of the term probiotic. **Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology**, v. 11, p. 506–514, 2014.

HOLKEM, A. T.; RADDATZ, G. C.; NUNES, G. L.; CICHOSKI, A. J.; JACOB-LOPES, E.; GROSSO, C. R. F.; MENEZES, C. R. de. Development and characterization of alginate microcapsules containing *Bifidobacterium* BB-12 produced by emulsification/internal gelation followed by freeze drying. **LWT-Food Science and Technology**, v. 71, p. 302-308, 2016.

HUANG, S.; CAUTY, C.; DOLIVET, A.; LE LOIR, Y.; CHEN, X. D.; SCHUCK, P.; JEANTET, R. Double use of highly concentrated sweet whey to improve the biomass production and viability of spray-dried probiotic bacteria. **Journal of Functional Foods**, v. 23, p. 453-463, 2016.

HUGO, A. A.; BRUNO, F.; GOLOWCZYC, M. A. Whey permeate containing galacto-oligosaccharides as a medium for biomass production and spray drying of *Lactobacillus plantarum* CIDCA 83114. **LWT-food Science and Technology**, v. 69, p. 185-190, 2016.

- JAFARI, S. M.; GHALENOEI, M. G.; DEHNAD, D. Influence of spray drying on water solubility index, apparent density, and anthocyanin content of pomegranate juice powder. **Powder Technology**, v.311, p.59–65, 2017.
- KUMAR, A.; KUMAR, D. Development of antioxidant rich fruit supplemented probiotic yogurts using free and microencapsulated *Lactobacillus*. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 667-675, 2016.
- LAHTEENMAKI, L. Claiming health in food products. **Food Quality and Preferences**, v. 27, n. 2, p. 196-201, 2013.
- LEITE, S. T.; ROBERTO, C. D.; SILVA, P. I.; CARVALHO, R. V. de. Polpa de juçara: fonte de compostos fenólicos, aumento da atividade antioxidante e da viabilidade de bactérias probióticas de iogurte. **Revista Ceres**, v. 65, n.1, p. 16-23, 2018.
- LIMA, D. C. N. Suco de banana em pó probiótico. 2013, 82f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2013.
- MACHADO, I., FERREIRA, A. D. S., MACHADO, A., DELMIRO, T., & de MEDEIROS, M. D. F. Secagem em leito de jorro da polpa de graviola com adição de leite. Efeito das variáveis de operação sobre a taxa de produção e umidade do pó. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v.1, n.2, p.5902-5909, 2015.
- MARHAMATIZADEH, M. H; REZAZADEH, S.; KAZEMEINI, F.; KAZEMI, M. R. The study of probiotic juice product conditions supplemented by culture of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum*. **Middle-East Journal of Scientific Research**, v.11, n. 3, p. 287-295, 2012.
- MATHUR, K. B., EPSTEIN, N. Spouted beds. New York: Academic Press., 1974.
- MELO, K.S.; NASCIMENTO, M.A.; GOMES, W.C.; CABRAL, S.B.; ROCHA, A.P.T. Fluidodinâmica de leito de jorro com leite de cabra e polpa de cajá. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v.5, n.4, p. 61- 67, 2010.
- MELO, T. A., RIBEIRO-ALVES, M. A., LAVINAS, F. C., & DE ALMEIDA RODRIGUES, I. Levantamento e caracterização dos produtos probióticos disponíveis no mercado varejista da região metropolitana do Rio de Janeiro. **Revista Rede de Cuidados em Saúde**, v.10, n.1, 2016.
- MENEZESI, C. R. DE; BARINI, J. S.; CHICOSKII, A. J.; ZEPKAI, L. Q.; JACOB-LOPESI, E.; FRIESI, L. L. M.; TERRAI, N. N. Microencapsulação de probióticos: avanços e perspectivas. **Ciência Rural**, v. 43, n.7, p.1309-1316, 2013.

- MESTRY, A. P.; MUJUMDAR, A. S.; THORAT, B. N. Optimization of spray drying of an innovative functional food: Fermented mixed juice of carrot and watermelon. **Drying Technology**, v. 29, n. 10, p. 1121–1131, 2011.
- MOHAMMAD M. Z.; MAHNAZ, H.; SHILA B. Production of Probiotic Fermented Mixture of Carrot, Beet and Apple Juices. **Journal of Paramedical Sciences**, v. 7, n. 3, 2016.
- MOHAMMADI, R.; SOHRABVANDI, S.; MORTAZAVIAN, A. M. The starter culture characteristics of probiotic microorganisms in fermented milks. **Engineering in Life Sciences**, v.1, n. 4, p. 399-409, 2012.
- MORAES, M. S., OLIVEIRA, L. P. S., FURTADO, C. C., & GONZALEZ, F. G. Efeitos funcionais dos probióticos com ênfase na atuação do kefir no tratamento da disbiose intestinal. **UNILUS Ensino e Pesquisa**, v.14, n.37, p.144-156, 2018.
- MOUSAVI, Z. E.; MOUSAVI, S. M.; RAZAVI, S. H.; EMAM-DJOMEH Z.; KIANI, H. Fermentation of pomegranate juice by probiotic lactic acid bacteria. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 27 p.123–128, 2011.
- NOSRATI, R.; M. HASHEMIRAVAN; M. TALEBI. Fermentation of vegetable juice by probiotic bacteria. **International Journal of Biosciences**, v. 4, n. 3, p. 171-180, 2014.
- OLIVEIRA, F. M. N.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Análise comparativa de polpas de pitanga integral, formulada e em pó. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.8, p.25-33, 2006.
- OLIVEIRA, M. A. Avaliação da influência de adjuvantes de secagem sobre as propriedades de suco de caju atomizado. 2008, 69 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia dos Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza – CE, 2008.
- PAIM, D. R. S. F.; COSTA, S. D. O.; WALTER, E. H. M.; TONON, R. V. Microencapsulation of probiotic jussara (*Euterpe edulis* M.) juice by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, v.74, n.1, p.21-25, 2016.
- PEREIRA, A. L. F.; MACIEL, T. C.; RODRIGUES, S. Probiotic beverage from cashew apple juice fermented with *Lactobacillus casei*. **Food Research International**, v. 44, n. 5, p. 1276–1283, 2011.
- PERRICONE, M.; BEVILACQUA, A.; ALTIERI, C.; SINIGAGLIA, M.; CORBO, M. R. Challenges for the production of probiotic fruit juices. **Beverages**, v. 1, n. 2, p. 95–103, 2015.
- PONTES JÚNIOR, S. M., DANTAS, S. C. M., DELMIRO, T. M., & MEDEIROS, M. F. D. Secagem de polpas de frutas em leite de jorro. Efeitos da adição de leites vegetal e animal e da proteína isolada

de leite no desempenho do processo e qualidade do produto em pó produzido. In: **XI congresso Brasileiro de Engenharia Química em Iniciação Científica. Unicamp-SP. São Paulo: Blucher.** p. 2069-2074, 2015.

REIS, A. R. R.; SORES, J. M. D.; SOUZA, A. G.; MESSIAS, C. M. B. O. Conhecendo os benefícios dos alimentos: alimentos funcionais. **Extramuros – Revista de extensão da UNIVASF**, v.4, n.2, 2016.

RÖBLE, C.; AUTY, M. A. E.; BRUNTON, N.; GORMLEY, R. T.; BUTLER, F. Evaluation of fresh-cut apple slices enriched with probiotic bacteria. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 11, p. 203–209, 2010.

ROCHA, A.P.T.; ALSINA, O.L.S.; FLÁVIO, V.S.S.; SILVA, F.L.H. Cinética de produção de levedura seca em leite de jorro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, n.1, p.81–86, 2008.

ROCHA, S. A. S. Obtenção de suco em pó prebiótico de tangerina através de secagem em leite de jorro. 2013. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

ROCHA, S. C. S.; SOUZA, J. S.; ALSINA, O. L. S.; MEDEIROS, M. F. D. Drying of Tropical Fruit Pulps: Spouted Bed Process Optimization as a Function of Pulp Composition. **Drying Technology**. v.29, n.13, p.1587–1599, 2011.

SANTOS, E. F., DE ARAÚJO, R. R., DE LEMOS, E. E. P., & ENDRES, L. Quantificação de compostos bioativos em frutos de umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Câm.) e cajá (*Spondias mombin* L.) nativos de Alagoas. **Revista Ciência Agrícola**, v.16, n.1, p.21-29, 2018.

SILVA, R. N.; FIGUEIRÊDO, R. D.; QUEIROZ, A. D. 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, S. F. Avaliação de sistemas de embalagem na estabilidade do queijo Minas Frescal probiótico e na viabilidade da *Bifidobacterium animalis* subsp. *Lactis*. 2016, 107 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Campinas, Campinas – SP, 2016.

SILVEIRA, T. F. V.; VIANNA, C. M. M.; MOSEGUI, G. B. G. Brazilian legislation for functional foods and the interface with the legislation for other food and medicine classes: contradictions and omissions. **Physis: Revista de Saúde Coletiva**, v.19, p.1189-1202, 2009.

- SOHRABVANDI, S.; RAZAVI S.H.; MOUSAVI S.M.; MORTAZAVIAN A. M. Viability of probiotic bacteria in low alcohol- and non-alcoholic beer during refrigerated storage. **The Philippine Agricultural Scientist**, v. 93, n.1, p. 24-28, 2010.
- SOUZA, J.S. Secagem de misturas de polpa de frutas tropicais em leite de jorro.2009. Tese(Doutorado)-Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- SOUZA, R. C. Secagem de materiais pastosos e granulares no leite de jorro mecânico e convencional. 2017, 171 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal de São Carlos, São Carlos – SP, 2017.
- TONTUL, I.; TOPUZ, A. Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties. **Trends in Food Science & Technology**, v. 63, p. 91-10, 2017.
- TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. **Journal of functional foods**, v. 9, p. 225-241, 2014.
- VANDENPLAS, YVAN; HUYS, GEERT; DAUBE, GEORGES. Probióticos: informações atualizadas. **Jornal de Pediatria**, v. 91, n. 1, p. 6-21, 2015.
- WATANABE, F. M. F. **Estudo da viabilidade de *Bifidobacterium animalis* ssp. *Lactis* em suco de yacon**. 2013, 90 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos). Universidade Federal do Paraná, Curitiba – PR, 2013.
- WITSCHINSKI, F., DEMARTINI, D., KILIAN, J., DALLAGO, R. M., ROSA, C. D., CANSIAN, R. L., ... & STEFFENS, J. Development and characterization of light yoghurt elaborated with *Bifidobacterium animalis* subsp. *Lactis* Bb-12 and fructooligosaccharides. **Ciência Rural**, v.48, n.3, 2018.
- YAHIA, E. M. The Contribution of fruit and vegetable consumption to human health. In: ROSA, L.A.; ALVAREZ-PARRILLA, E.; GONZALEZ-AGUILARA; G.A. Fruit and vegetable phytochemicals: chemistry, nutritional value and stability. **Hoboken: Wiley-Blackwell**, p. 3-51, 2010.
- ZACCARDI, H., CASTRO, J., MÜLLER, T., ROCHA, S., & PINTO, L. Influência da temperatura de secagem em leite de jorro de pasta de vegetais enriquecida de plasma bovino nas características do produto em pó. **Blucher Chemical Engineering Proceedings**, v.1, n.4, p.1731-1736, 2017.

## **Artigo 2: Viabilidade da ação probiótica de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis B94 em polpa de cajá**

**Resumo:** Por se tratar de um fruto com valor nutricional elevado, o cajá é uma fonte acessível de vitaminas e antioxidantes primordiais na dieta humana. Com isso, neste trabalho, a elaboração da polpa de cajá probiótica com a cultura *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, foi estudada em termos científicos e tecnológicos. Primeiramente, realizou-se o estudo cinético de desenvolvimento da cultura, determinando as condições ideais para seu crescimento. Em seguida, foi estudado a estabilidade do produto final obtido, observando se após 28 dias de acompanhamento as características da polpa probiótica apresentariam comportamento discrepante, sendo ambos os estudos realizados na polpa de cajá probiótica e no meio controle composto por caldo MRS e cisteína. Foram realizadas as análises de pH, acidez, sólidos solúveis totais, teor de água, sólidos totais, teor de fenólicos, carboidratos redutores, ácido ascórbico e carotenoides totais nas polpas integral e probiótica. Na cinética de desenvolvimento constatou-se que a fase estacionária ocorreu em 24 horas, sendo esse o tempo ideal para obtenção da polpa probiótica. As características físico-químicas e químicas da polpa integral e probiótica não apresentaram valores discrepantes, podendo ser um aspecto positivo, pois não foram observadas alterações elevadas após inoculação da bactéria. A viabilidade realizada por meio do acompanhamento durante 28 dias, demonstrou a estabilidade e conservação dos atributos probióticos do produto final, principalmente em relação ao número de células viáveis com valores acima de  $10^9$ , apresentando linhagem semelhante ao meio controle cujo comportamento demonstra as condições ideais para o desenvolvimento da cultura, com isso pode-se concluir que a polpa de cajá pode ser considerada um meio propício ao desenvolvimento da bactéria.

**Palavras-chave:** alimento funcional; cinética de desenvolvimento; estudo de estabilidade

### **Abstract**

Being a fruit with high nutritional value, cajá is an accessible source of vitamins and antioxidants primordial in the human diet. Thus, in this work, the elaboration of probiotic cajá pulp with the culture *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, has been studied in scientific and technological terms. Firstly, the kinetic study of culture development was carried out, determining the ideal conditions for its growth. Then, the stability of the obtained final product was studied, observing if after 28 days of follow-up the characteristics of the probiotic pulp would present discrepant behavior, both studies being carried out in the probiotic caja pulp and in the control medium composed by MRS broth and cysteine. Analyzes of pH, acidity, total soluble solids, water content, total solids, phenolic content, reducing carbohydrates, ascorbic acid and total carotenoids in the integral and probiotic pulps were performed. In the development kinetics it was found that the stationary phase occurred in 24 hours,



which is the ideal time to obtain the probiotic pulp. The physicochemical and chemical characteristics of the whole and probiotic pulp showed no discrepant values and may be a positive aspect, since no high changes were observed after bacterial inoculation.. The viability of the 28-day follow-up demonstrated the stability and conservation of the probiotic attributes of the final product, especially in relation to the number of viable cells with values above  $10^9$ , presenting similar control line whose behavior demonstrates the ideal conditions for the development of the crop, it can be concluded that the cajá pulp can be considered a favorable medium for the development of the bacteria.

**Keywords:** functional food; development kinetics; stability study

## Introdução

Os frutos de cajá (*Spondias mombin* L.) pertencentes a família Anacardiaceae e ao gênero *Spondia*, possuem características marcantes com apelo funcional bastante significativo, sendo fonte de carotenoides, vitamina A e vitamina C, oriundo de um aroma facilmente perceptível, sabor agridoce e coloração intensa. Devido seus atributos favoráveis, acaba se tornando um fruto com grande aceitabilidade em diversos produtos (CARVALHO; CHAVES; ALVES, 2017; JESUS et al., 2019). Referindo-se a uma iguaria de conhecimento abrangente, é de total interesse da indústria alimentícia agregar valor nutricional e funcional, sem perder suas características originais, buscando ampliar e aprofundar os estudos voltados ao cajá.

Frutos com alto valor de interesse econômico e nutricional, podem se tornar uma fonte para alimentos fisiologicamente ativos e viáveis a saúde, sendo encarregados de atuar nos mecanismos de defesa biológica, melhoria de desempenho em atividades físicas, prevenção, tratamento ou retardo de doenças, além da nutrição, são ditos funcionais, destacando-se por serem similares a um alimento convencional, sendo consumido como parte habitual da dieta, mas com capacidade comprovada de promover benefícios fisiológicos com constatação clínica (FIGUEIREDO et al., 2019; FREITAS et al., 2017).

Uma possível opção com o intuito de agregar valor ao cajá é a associação de micro-organismos probióticos, uma vez que atualmente são poucas as pesquisas encontradas com a incorporação de polpa de fruta com adição de culturas probióticas (TRIPATHI; GIRI, 2014). Bactérias probióticas são microrganismos vivos que quando administrados em quantidades suficientes são afáveis, conferindo benefícios a saúde humana devido seu elevado potencial no tratamento de diversas doenças, na maioria das vezes são encontradas para consumo em culturas de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* (MERENSTEIN et al., 2015; WITSCHINSKI et al., 2018).

Diversos fatores podem afetar a viabilidade de bactérias probióticas em alimentos, incluindo as cepas probióticas usadas, pH, presença de oxigênio dissolvido, concentração de metabólitos, tais como ácidos láctico e acéticos, capacidade tampão média, temperatura de armazenamento, natureza

dos ingredientes adicionados e as matrizes alimentares. Segundo Charteris et al. (1998), o consumo adequado dos microrganismos probióticos desejados nos bioprodutos é de  $10^9$  a  $10^{10}$  UFC/100g de produto, sendo suficientes para a manutenção das concentrações ativas fisiologicamente uma quantidade intestinal de  $10^6$  a  $10^7$  UFC/g *in vivo*, indicando assim uma dose mínima diária da cultura probiótica de  $10^8$  a  $10^9$ , o que corresponde ao consumo de 100 g de produto contendo  $10^6$  a  $10^7$ /g, para garantir suas propriedades funcionais (SAAD, 2006).

Por se tratar de bactérias lácteas, os alimentos probióticos que agem na regularização da microbiota intestinal, acabam tornando-se um alimento isolado e restrito aos consumidores com alergia ou intolerância a lactose. Com isso, ao conectar a relação da promoção a saúde e da disponibilidade das bactérias probióticas em alimentos, é nítida a necessidade de encontrar produtos que englobem a todo o público, tornando-se um alimento sem restrições e assíduo na dieta humana. Esse interesse e busca por alimentos probióticos tendem a aumentar, pois estudos revelam que a reserva das respectivas bactérias no organismo humano são reduzidas com o passar da idade, sendo conseqüentemente encontradas em concentração distintas, estando enquanto criança detectadas em aproximadamente 95%, quando adulto 25% e em idosos valores bem inferiores, sendo fundamental uma reposição dessa reserva (SOUSA, 2011).

O presente trabalho busca conceber um meio sem a presença de lactose mais com as exigências essenciais ao desenvolvimento da cultura probiótica (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis), originando um produto funcional do cajá, vinculando assim características de interesse ao consumidor. Além disso, foi realizado um estudo de estabilidade com o intuito de observar a viabilidade relacionada as possíveis alterações das características probióticas da polpa de cajá após a inoculação.

## **Material e métodos**

### **- Matéria-prima e insumos**

Os frutos de cajá (*Spondias mombim* L.) utilizados, provenientes do cariri paraibano, colhidas no período da safra de 2019, com estágio de maturação maduro. Foram recepcionados, selecionados e higienizados, seguido da extração da polpa em despulpadeira (marca BONINA – modelo compacto 670) e armazenamento sob refrigeração (-18 °C) em freezer vertical (marca GELOPAR). A cultura probiótica utilizada foi a *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (DELVO®PRO LAFTI B94).

### **- Cinética de desenvolvimento e obtenção da polpa de cajá probiótica**

Inicialmente, realizou-se o ajuste do pH inicial das polpas para aproximadamente 7,0 utilizando solução de hidróxido de sódio (NaOH), visto que, esta base é considerada um aditivo alimentar com

função reguladora da acidez (“Informe Técnico nº 33, de 25 de outubro de 2007 - Busca - Anvisa,”), seguido de tratamento térmico à 65 °C/20min em banho-maria. Após resfriada foi realizada a adição da cultura probiótica comercial (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis) em uma concentração de 0,1%. A incubação foi executada de forma asséptica em câmara de fluxo laminar.

A contagem de micro-organismos probióticos foi realizada a partir da diluição seriada de uma amostra do produto em água peptonada 1% (m/v) de acordo com metodologia da International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006.). O plaqueamento foi realizado em placas de Petri por inoculação em profundidade de Agar MRS, adicionado de L-cisteína a 0,5 g/L com adição de sobrecamada (DE MAN; ROGOSA; SHARPE, 1960), incubadas a 35°C por 72 horas em jarras de anaerobiose contendo sistema de remoção de oxigênio. Sendo os resultados expressos em Unidade Formadora de Colônia por mililitro (UFC/mL).

Após incubadas, as polpas foram mantidas à 37 °C por um período de 30 horas, havendo acompanhamento a cada 3 horas com realização da contagem do número de células viáveis segundo International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006.) e das análises de pH e acidez, seguindo a metodologia da AOAC (2010). A inoculação e o acompanhamento cinético foram realizados na polpa de cajá e no meio controle, composto por meio de cultura Man Rogosa Sharpe– MRS, com adição de L-cisteína 0,05%.

### **- Caracterização físico-química e química da polpa integral e probiótica**

Os procedimentos analíticos realizados conforme as instruções Associação Oficial de Análises Químicas (AOAC, 2010) foram as análises de: pH, acidez, sólidos solúveis totais, teor de água e sólidos totais. Já as análise de carboidratos redutores, com base no método proposto por (MILLER, 1959), o teor de ácido ascórbico conforme metodologia descrita por Keller and Schwager (1977), a obtenção do teor de compostos fenólicos totais de acordo com método descrito por Singleton and Rossi (1965) utilizando o reagente Folin-Ciocalteau e o teor de carotenoides totais segundo Lichtenthaler, (1987). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

### **- Viabilidade da polpa probiótica liofilizada durante armazenamento**

Para a avaliação da viabilidade da polpa probiótica, a mesma foi submetida ao armazenamento sob refrigeração ( $4 \pm 2$  °C) por 28 dias, sendo analisadas após 1, 7, 14, 21 e 28 dias para obtenção dos parâmetros de pH, acidez, sólidos solúveis totais (°Brix) segundo AOAC (2010), bem como o acompanhamento da contagem das culturas probióticas através do número de células viáveis seguindo a metodologia proposta por International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006.). O acompanhamento da estabilidade da bactéria probiótica foi efetuado na polpa de cajá

probiótica e no meio controle, composto por meio de cultura Man Rogosa Sharpe– MRS, com adição de L-cisteína 0,05%.

### - Análise estatística

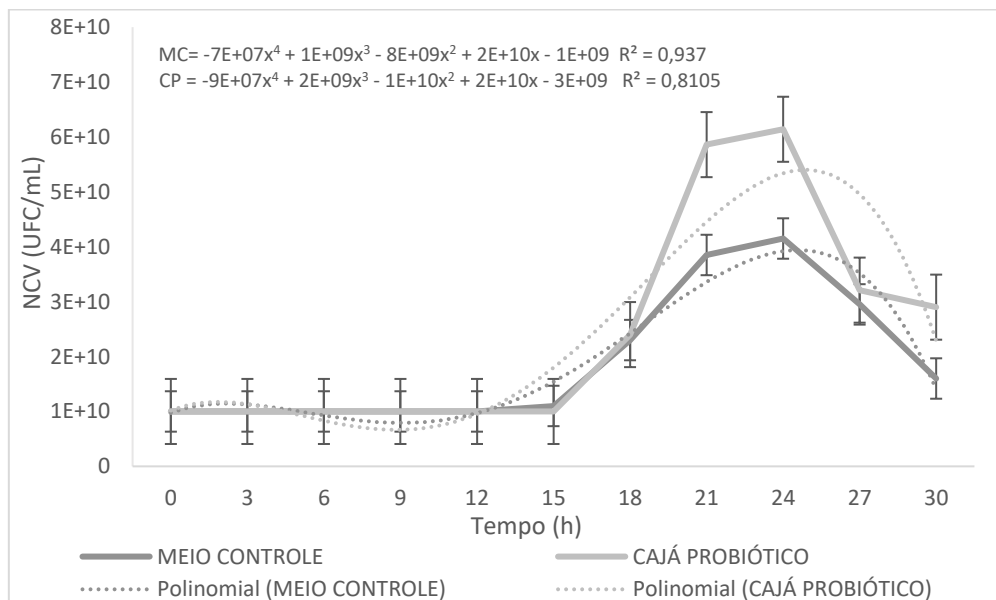
Os resultados foram submetidos à análise de variância de fator único (ANOVA) de 5% de probabilidade e as respostas qualitativas significativas foram submetidas ao teste de *Tukey* adotando-se o mesmo nível de 5% de probabilidade, utilizando o programa Statistica versão 7.0 (FRANCISCO; CARLOS, 2016).

## Resultados e discussão

### - Cinética de desenvolvimento de *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* em polpa de cajá

Na Figura 1, observa-se o comportamento cinético de desenvolvimento da bactéria estudada, sendo analisada na polpa de cajá e no meio controle (caldo MRS) por meio gráfico, correlacionando o número de células viáveis e o tempo transcorrido na cinética.

Figura 1 - Comportamento cinético do desenvolvimento de *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* na polpa de cajá e no meio controle por meio do gráfico número de células viáveis (NCV) versus tempo



Os pontos observados durante a cinética demonstram uma curva típica de desenvolvimento ou crescimento da bactéria, seguindo os estágios propostos por Maier & Pepper (2015), onde abaixo de 15 horas a fase exposta é a de latência, no qual a bactéria encontra-se em um período de adaptação no meio ao qual foi inserida. Entre 15 e 21 horas nota-se a fase exponencial, onde acontece a adaptação da bactéria no meio e com isso ela inicia seu desenvolvimento. a meio de 21 e 24 horas

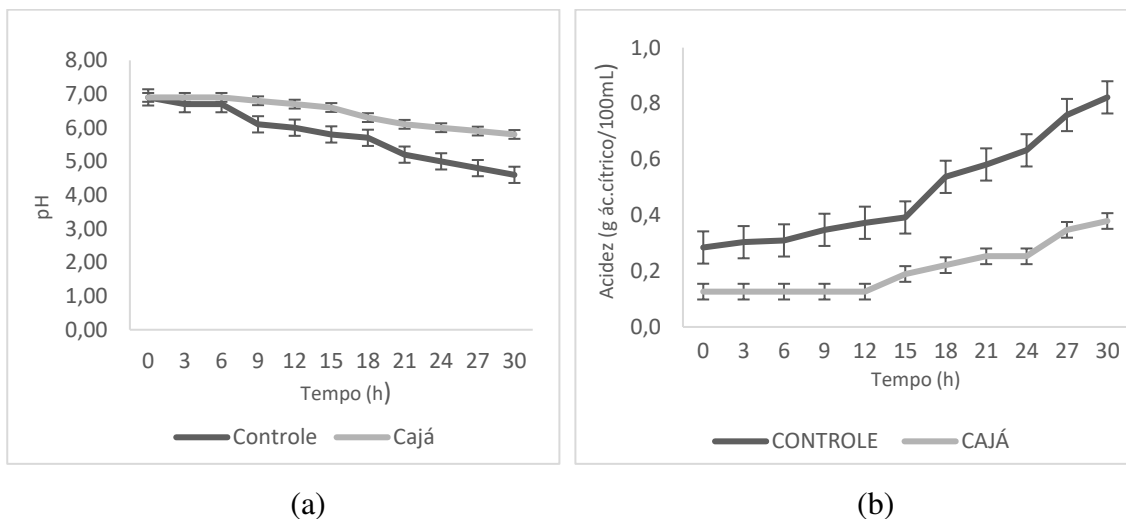
observa-se a fase estacionária, em que a bactéria atinge o seu limite máximo de desenvolvimento, havendo o esgotamento de nutrientes e a presença de um meio bastante competitivo, iniciando assim a fase de declínio, onde ocorre a inibição do desenvolvimento devido a carência de nutrientes e o estresse oxidativo ao qual a bactéria se sujeita.

Sendo todas as fases analisadas influenciadas pelas características do meio, havendo interferência direta da ligação com o pH, nutrientes disponibilizados, temperatura do meio e tempo transcorrido (BARANYI & ROBERTS, 1994), a condição ideal dessas características foram observadas por meio da contagem do número de células viáveis, apresentando um desenvolvimento ótimo entre 21 e 24 horas de cinética, sendo possível constatar o ponto máximo de células presentes (aproximadamente  $6E+10$  UFC/mL), podendo assim definir o tempo para obtenção em larga escala da polpa probiótica nesse período.

Além disso, na Figura 1, podemos observar as equações polinomiais resultantes do ajuste das curvas, onde em ambas amostras (cajá probiótica (CP) e meio controle (MC)), o polinômio de grau 4 foi o que melhor se ajustou aos dados, apresentando um valor do coeficiente de determinação ( $R^2$ ) próximo de 1, certificando assim modelos explicativos e que se alinham as suas respectivas amostras.

Os resultados obtidos para os parâmetros pH e acidez em função do tempo de cinética, se encontram nas Figuras 2a e 2b, onde é observado que o comportamento referente ao metabolismo da bactéria é acatado com êxito.

Figura 2- Comportamento cinético do desenvolvimento de *Bifidobacterium animalis ssp. lactis* na polpa de cajá e no meio controle. a) Gráfico pH versus tempo; b) Gráfico acidez versus tempo



O declínio do pH durante a cinética de desenvolvimento, ocorre devido ao metabolismo padrão da cultura, que se trata de uma bactéria láctea, onde atua com a capacidade do ácido lácteo em agir como conservante durante o processo, e conseqüentemente no produto final, baixando o pH da matéria-prima cujo contato é estabelecido, mesmo não havendo a presença da lactose, sendo como no presente estudo, onde foi utilizada a polpa de cajá e o meio controle. Esse comportamento torna-

se regra independente do meio em que a bactéria se encontra, pois o mesmo também se repete no organismo humano, onde a bactéria probiótica atua na redução do pH do trato gastrointestinal, estimulando a proliferação das mesmas na microbiota (HERNÁNDEZ, 2004; VARAVALLO; THOMÉ; TESHIMA, 2008)

O comportamento da bactéria durante a cinética ao observar o gráfico de pH (Figura 2a) em conjunto com o de número de células viáveis (Figura 1), mostra que a partir de 24 horas de cinética, o pH do meio se encontra abaixo de 5, ou seja, o pH crítico para o desenvolvimento da mesma, por esse motivo, a bactéria inicia a fase de morte, pois encontra-se em um meio desfavorável a sua sobrevivência. Essa conduta se confirma, ao observar a fase ótima de desenvolvimento, entre 18 e 24 horas, onde há um maior número de células viáveis e o pH observado é aproximadamente 5, evocando as justificativas cabíveis ao pH como sendo também validas para a acidez com as objeções inversamente proporcionais.

#### - Caracterização físico-química e química das polpas de cajá integral e probiótica

Na tabela 2, observamos os valores da caracterização físico-química na polpa de cajá integral obtida por meio da despulpagem dos frutos e na polpa de cajá probiótica obtida por meio da inoculação da cultura probiótica, *Bifidubacterium animalis ssp. lactis*.

Tabela 1 - Caracterização físico-química das polpas integral e probiótica de cajá

	<b>Cajá Integral</b>	<b>Cajá Probiótico</b>
pH	2,913±0,032	6,033±0,057
Acidez (%Ácido Cítrico)	1,728±0,096	0,274±0,036
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	11,833±0,115	11,333±0,288
Teor De Água (%)	86,297±0,133	87,533±0,152
Sólidos Totais (%)	13,703±0,133	12,466±0,152
Fenólicos Totais (mg/100ml)	185,362±6,148	185,260±0,553
Ácido Ascórbico (mg/100ml)	15,842±0,159	15,555±0,057
Carboidratos Redutores (ug/100ml)	3,638±0,082	3,203±0,003
Carotenoides (mg/100g)	0,0234±0,0009	0,0366±0,0026

Média ± Desvio padrão

Ao observar o regulamento técnico para fixação dos padrões de identidade e qualidade para polpa integral de cajá, de acordo com a Instrução Normativa nº37 do MAPA (“INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 37, DE 1º DE OUTUBRO DE 2018 - Imprensa Nacional,”), a polpa de cajá extraída e analisada para inserção da cultura probiótica apresenta valores superiores aos valores mínimos permitidos de acordo com os parâmetros observados na Tabela 1, a qual estabelece sólidos

solúveis totais mínimo de 9 °Brix, sólidos totais mínimo de 9,5%, pH mínimo de 2,2, acidez mínima de 0,9 g de ácido cítrico em 100g de polpa e ácido ascórbico mínimo de 6,8 g em 100 de polpa.

O pH da polpa de cajá integral obtida, como mostra a Tabela 1, encontra-se superior ao encontrado por Silvino (2017) ao realizar o estudo sobre a qualidade nutricional de frutos de cajá, encontrando um pH mais ácido de 1,45, já a acidez de 1,728 se assemelha ao encontrado pelo autor, onde constatou a acidez de 1,69 em g de ácido cítrico/100g de amostra. Quanto aos sólidos solúveis totais, expressos em °Brix foram expressados valores superiores que o encontrado por Carvalho et al. (2017) que obtiveram 10,13 °Brix ao observar os frutos de cajá do estado do Pará.

Na maioria das vezes o teor de água de polpas de fruta possui valores elevados devido à alta quantidade de água encontrada e conseqüentemente um baixo teor de sólidos totais, contudo mesmo com essas especificações geralmente encontradas em polpas, os respectivos valores analisados para polpa integral de cajá são inferiores para teor de água e superiores para teor de sólidos totais que os observados por Carvalho et al. (2017).

Sendo os fenólicos, compostos relevantes na dieta humana devido sua relação com a ação antimicrobiana e antifúngica no organismo, a polpa integral de cajá extraída é ressaltada como uma fonte favorável do composto em questão, sendo observada uma concentração de 185,362 mg a cada 100mL consumidos, esse valor médio é superior ao encontrado por Melo et al. (2016) ao pesquisar sobre o total de fenólicos em polpas de fruta congeladas, onde obtiveram aproximadamente 126 mg em polpa de cajá. Os demais teores, relacionados a composição nutricional, ácido ascórbico e carboidratos redutores, apresentaram valores inferiores aos encontrados por Silvino (2017), respectivamente, 25,37 mg de ácido ascórbico a cada 100mL de amostra e 4,19 ug por 100 g de amostra.

Já os carotenoides, pigmentos naturais não produzidos pelo corpo humano responsáveis pela coloração amarela, laranja e vermelho dos alimentos, estão presentes em uma concentração elevada para espécies do gênero *Spondia* devido sua coloração característica. No presente estudo, o valor observado foi semelhante ao encontrado por Carvalho et al. (2017) para matrizes de cajá e Carvalho & Alves (2016.) para clones de cajá, que encontraram valores médios de 34,09 e 33,85, nessa ordem.

Na polpa probiótica obtida, é possível observar uma alteração bastante discrepante no valor do pH e da acidez se comparada com a polpa integral, sendo essa mudança causada exclusivamente pela correção do pH para inoculação da cultura probiótica, sendo próximo da neutralidade o pH ideal para garantir um meio propício ao desenvolvimento da cultura, contudo, após o tempo necessário da obtenção do produto probiótico ocorre a queda do pH, em razão de que metabólitos da *Bifidubacterium animalis* ssp. lactis atuam diminuindo o pH mediante seu desenvolvimento no meio inserido (VARAVALLO; THOMÉ; TESHIMA, 2008), sendo esse o motivo pelo qual o pH da polpa

probiótica obtida possui pH 6,033. Sendo a acidez, um parâmetro inverso ao pH, nota-se o mesmo comportamento do pH, sendo que para um valor inferior ao da polpa integral.

O teor de sólidos solúveis totais (°Brix), e sólidos totais (%) da polpa probiótica, apresentaram um pequeno declínio, quando comparados a polpa integral, mas justificado pelo fato de que a cultura probiótica necessita de nutrientes para se desenvolver no meio. Quanto ao teor de água, não foi observada uma mudança tão significativa, por se tratar de um componente que se encontra em grande quantidade em ambos os estágios observados da polpa de cajá, seja ela integral ou probiótica.

Em relação aos teores de fenólicos totais e ácido ascórbico, é plausível observar que não houve uma mudança significativamente relevante, havendo uma redução de menos de 1mg em cada teor citado, sendo justificado pelo fato de que ao adicionar a cultura probiótica a mesma necessita de nutrientes para se desenvolver, como já discutido anteriormente. Nos carboidratos redutores também houve uma redução baixa, mas justificável, tendo em vista que a bactéria empregada utiliza a frutose e a galactose como fontes de carbono e conseqüentemente necessitam desses carboidratos redutores para seu desenvolvimento.

Nos carotenoides observa-se um aumento do pigmento em questão, podendo ser justificado pela mudança de coloração causada após a neutralização da polpa de cajá integral para inoculação do microrganismo, que mesmo voltando para uma coloração praticamente semelhante, a olho nu, da polpa integral, é possível ao analisar a observação de uma alternância.

### **- Viabilidade Polpa Probiótica**

Na Tabela 2, podemos observar a caracterização realizada durante o estudo de estabilidade da bactéria, com resultado para as análises de pH, acidez, sólidos solúveis totais (SST) e número de células viáveis (NCV), nos dias 1, 7, 14, 21 e 28 para a polpa de cajá probiótica e o meio controle.

Durante o armazenamento para observação da viabilidade da *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis na polpa de cajá probiótica e no meio controle, é possível ressaltar que em ambos os casos houve o declínio dos parâmetros pH, acidez e sólidos solúveis totais. O pH e a acidez são justificados com as mesmas argumentações utilizadas nesse estudo para a cinética de desenvolvimento da cultura probiótica. Quanto ao comportamento estatístico do pH, percebeu-se na polpa probiótica de cajá, diferença significativa apenas após o 21º dia de acompanhamento. Já na acidez, houve diferença estatisticamente significativa apenas no 1º e 28º dia, estando os outros pontos analisados em comum estatística com os estes.

A redução da quantidade de sólidos solúveis totais ao longo dos dias se dá pelo fato de que a bactéria necessita de nutrientes para sobreviver, com isso, a medida que o tempo se delonga e inicia o declínio ou morte das mesmas, há uma busca maior por alimento, sendo notório, pois mesmo havendo a redução do número de células viáveis contidas, há uma maior redução dos sólidos solúveis



presentes, ou seja, o ambiente vai se tornando mais competitivo devido a busca por sobrevivência e a escassez de mantimentos. A confirmação desse comportamento é observada ao analisar estatisticamente os dias de acompanhamento, onde há diferença significativamente estatística entre o 1º e 7º dia e entre os demais quando analisados em função destes.

Tabela 2 - Resultados da caracterização durante o estudo de estabilidade da polpa probiótica de cajá e do meio controle.

	DIAS	pH	ACIDEZ	SST (°Brix)	NCV (UFC/mL)
<b>POLPA DE CAJÁ PROBIÓTICA</b>	<b>1</b>	6,033a±0,057	0,274b±0,036	11,833a±0,288	6,41E+10a±7,59E+09
	<b>7</b>	6,15a±0,05	0,284ab±0,031	11,266b±0,057	5,67E+10a±2,43E+09
	<b>14</b>	6,066a±0,057	0,337ab±0,036	10,266c±0,115	2,35E+10b±1,41E+09
	<b>21</b>	5,766b±0,057	0,358ab±0,036	10,233c±0,152	1,55E+10b±3,21E+08
	<b>28</b>	5,8b±0,1	0,368a±0,018	10,200c±0,1	1,36E+10b±6,08E+08
<b>MEIO CONTROLE</b>	<b>1</b>	5,033a±0,057	1,117b±0,036	6,066a±0,115	5,15E+10a±7,27E+09
	<b>7</b>	4,766c±0,057	1,222b±0,036	5,966a±0,057	4,57E+10a±8,56E+09
	<b>14</b>	5,000a±0,005	1,159b±0,096	5,866a±0,115	2,60E+10b±2,91E+09
	<b>21</b>	5,100ab±0,100	1,370a±0,036	5,866a±0,057	1,28E+10bc±1,06E+09
	<b>28</b>	5,233b±0,057	0,916c±0,031	5,033b±0,057	1,12E+10c±3,11E+09

SST: Sólidos Solúveis Totais; NCV: Número de Células Viáveis. Média ± Desvio padrão. Letras minúsculas denotam a comparação de médias separadamente do Cajá probiótico e meio controle. Letras iguais na mesma coluna, para cajá probiótico e meio controle separadamente, não diferem estatisticamente ( $P \leq 0,05$ ) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância.

O número de células viáveis de *Bifidobacterium*, apresentados na Tabela 2, variaram durante o armazenamento, de 1,36E+10 a 6,41E+10 para polpa de cajá probiótica e 1,12E+10 a 4,57E+10 para o meio controle, podendo ser observada diferença mínima significativa apenas após o 14º dia de acompanhamento. Com esses valores, pode-se constatar que mesmo o meio controle oferecendo todas as especificações, como nutrientes e pH, ditas como ideias para o desenvolvimento e conservação da bactéria, sendo estudada como reflexo de valores e requisitos para outros produtos que sejam obtidos nas mesmas condições de inoculação e obtenção do produto probiótico, a polpa de cajá apresentou valores praticamente iguais ou superiores ao mesmo, podendo ser avaliada como um ambiente favorável ao desenvolvimento da *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, sendo possível haver alterações de resultados em outras espécies de culturas probióticas e de polpas de frutas.

Sendo, o NCV encontrado durante a viabilidade análogo a 10 log UFC/mL, é possível observar que a concentração encontrada no presente estudo é superior a valores analisados em outros

utilizando a mesma cultura probiótica. Barbosa e Gallina, (2017) ao estudar a viabilidade de bactérias probióticas em iogurtes saborizados com polpa de manga, obteve valores médios de 6 log UFC/mL, assim como Leite et al. (2018) que ao adicionar em iogurtes uma maior concentração de polpa de Juçara, obteve aproximadamente 6 log UFC/mL durante a viabilidade, Shori (2015) ao realizar um estudo de revisão relacionado a viabilidade de bactérias probióticas em alimentos lácteos e não lácteos, citou Favaro-Trindade et al. (2006) que ao produzir um sorvete fermentado de acerola obteve uma estabilidade durante apenas 14 dias de armazenamento com concentração aproximada de 6 log UFC/mL. Leite et al. (2018) justifica esse feito com a hipótese de que com o aumento da adição de polpas de frutas em meio onde haverá a inoculação de cepas probióticas, ocorre um aumento na disponibilidade de nutrientes para multiplicação das bactérias

Em virtude disto, observou-se que mesmo havendo uma redução da concentração da cultura ao longo do armazenamento na polpa de cajá, apresentando diferença significativa apenas a partir do vigésimo primeiro dia analisado, é possível observar que o produto obtido segue os critérios de seleção de alimentos probióticos funcionais (CHARTERIS et al., 1998). Além disso, é percebido para o meio controle a mesma redução, podendo assim haver o comparativo deduzindo que a polpa de cajá é considerada um meio propício para o desenvolvimento e estabilidade da cultura probiótica.

## **Conclusão**

O presente estudo mostrou que a inoculação de uma cultura probiótica, *Bifidubacterium animalis* ssp. lactis, em polpa integral de cajá pode ser considerado como um meio alternativo e satisfatório para o desenvolvimento de um alimento probiótico, mantendo as características oriundas da polpa integral mais com a funcionalidade e benefícios de uma polpa probiótica.

A cinética de desenvolvimento apresentou um tempo ótimo de 24 horas para obtenção da polpa probiótica. A caracterização físico-química e química denotou que a adição da cultura não mascarou ou alterou significativamente as características da polpa integral de cajá. Além disso, a viabilidade apresentou resultados adequados a linhagem para produtos probióticos, mantendo as características fundamentais da polpa mesmo após 28 dias de armazenamento, assegurando assim a estabilidade do produto estudado.

## **Referência bibliográfica**

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

BARANYI, J.; ROBERTS, T. A. A dynamic approach to predicting bacterial growth in food. **International Journal of Food Microbiology**, Special Issue Predictive Modelling. v. 23, n. 3, p. 277–294, 1 nov. 1994.

BARBOSA, P. DE P. M.; GALLINA, D. A. VIABILIDADE DE BACTÉRIAS (STARTER E PROBIÓTICAS) EM BEBIDAS ELABORADAS COM IOGURTE E POLPA DE MANGA. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, v. 72, n. 2, p. 85–95, 1 jun. 2017.

CARVALHO, A. V.; ALVES, R. M. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 106. p. 27, [s.d.].

CARVALHO, A. V.; CHAVES, R. P. F.; ALVES, R. M. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 117. p. 24, fev. 2017.

CHARTERIS, W. P. et al. Ingredient selection criteria for probiotic microorganisms in functional dairy foods. **International Journal of Dairy Technology**, v. 51, n. 4, p. 123–136, 1998.

DE MAN, J. C.; ROGOSA, M.; SHARPE, M. E. A MEDIUM FOR THE CULTIVATION OF LACTOBACILLI. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 23, n. 1, p. 130–135, abr. 1960.

FIGUEIREDO, L. H. M. et al. An overview of intellectual property within agricultural biotechnology in Brazil. **Biotechnology Research and Innovation**, v. 3, n. 1, p. 69–79, 1 jan. 2019.

FRANCISCO, DE A. S. E S.; CARLOS, A. V. DE A. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733–3740, 29 set. 2016.

FREITAS, R. V. D. S. et al. STORAGE OF MOMBIN FRUITS COATED WITH CASSAVA STARCH AND PVC FILM. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 1, p. 244–249, mar. 2017.

HERNÁNDEZ, N. B. S. Evaluación de Leche de Cabra Como Sustrato Para el Desarrollo de un Probiótico Fermentado Con Bifidobacterium Infantis y Bacterias ácido Lácticas e Implementación de un Método Para Identificar B.Infantis Mediante-Edición Única. 2004.

**Informe Técnico nº 33, de 25 de outubro de 2007 - Busca - Anvisa.** Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_assetEntry](http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntry)>

Id=2775154&\_101\_type=content&\_101\_groupId=33916&\_101\_urlTitle=informe-tecnico-n-33-de-25-de-outubro-de-2007&inheritRedirect=true>. Acesso em: 27 ago. 2019.

**INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 37, DE 1º DE OUTUBRO DE 2018 - Imprensa Nacional.** Disponível em: <<http://www.in.gov.br/materia>>. Acesso em: 27 ago. 2019.

**ISO 20128 | IDF 192: 2006: Milk products - Enumeration of presumptive Lactobacillus acidophilus on a selective medium - Colony-count technique at 37 °C. IDF Publications Catalogue**, [s.d.]. Disponível em: <<https://store.fil-idf.org/product/milk-products-enumeration-of-presumptive-lactobacillus-acidophilus-on-a-selective-medium-colony-count-technique-at-37-c/>>. Acesso em: 27 ago. 2019

JESUS, I. G. et al. **Vista do Caracterização e aceitação sensorial de doce em pasta com biomassa de banana e polpa de cajá.** Disponível em: <<https://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/san/article/view/8653452/19171>>. Acesso em: 12 ago. 2019.

KELLER, TH.; SCHWAGER, H. Air pollution and ascorbic acid. **Forest Pathology**, v. 7, n. 6, p. 338–350, dez. 1977.

LEITE, S. T. et al. Polpa de juçara: fonte de compostos fenólicos, aumento da atividade antioxidante e da viabilidade de bactérias probióticas de iogurte. **Revista Ceres**, v. 65, n. 1, p. 16–23, fev. 2018.

LICHTENTHALER, H. K. [34] Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: **Methods in Enzymology**. Plant Cell Membranes. [s.l.] Academic Press, 1987. v. 148p. 350–382.

MAIER, R. M.; PEPPER, I. L. Chapter 3 - Bacterial Growth. In: PEPPER, I. L.; GERBA, C. P.; GENTRY, T. J. (Eds.). **Environmental Microbiology (Third Edition)**. San Diego: Academic Press, 2015. p. 37–56.

MELO, T. A. et al. LEVANTAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS PRODUTOS PROBIÓTICOS DISPONÍVEIS NO MERCADO VAREJISTA DA REGIÃO METROPOLITANA DO RIO DE JANEIRO. **Revista Rede de Cuidados em Saúde**, v. 10, n. 1, 20 jan. 2016.

MERENSTEIN, D. J. et al. Safety of Bifidobacterium animalis subsp. lactis (B. lactis) strain BB-12-supplemented yogurt in healthy adults on antibiotics: a phase I safety study. **Gut Microbes**, v. 6, n. 1, p. 66–77, 2 jan. 2015.

MILLER, G. L. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426–428, mar. 1959.

SAAD, S. M. I. Probióticos e prebióticos: o estado da arte. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 42, n. 1, p. 1–16, mar. 2006.

SHORI, A. B. The potential applications of probiotics on dairy and non-dairy foods focusing on viability during storage. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 4, n. 4, p. 423–431, 1 out. 2015.

SILVINO, R. **Qualidade nutricional e parâmetros morfológicos do fruto cajá (Spondias Mombin L.)**.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1 jan. 1965.

SOUSA, A. L. O. P. DE. **Viabilidade de Bifidobacterium animalis subsp. lactis HN019 em fórmulas infantis probióticas durante o armazenamento a 4 °C**. text—[s.l.] Universidade de São Paulo, 19 maio 2011.

TRIPATHI, M. K.; GIRI, S. K. Probiotic functional foods: Survival of probiotics during processing and storage. **Journal of Functional Foods**, v. 9, p. 225–241, 1 jul. 2014.

VARAVALLO, M. A.; THOMÉ, J. N.; TESHIMA, E. Aplicação de bactérias probióticas para profilaxia e tratamento de doenças gastrointestinais. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 29, n. 1, p. 83–104, 15 jul. 2008.

WITSCHINSKI, F. et al. Development and characterization of light yoghurt elaborated with Bifidobacterium animalis subsp. Lactis Bb-12 and fructooligosaccharides. **Ciência Rural**, v. 48, n. 3, 2018.

### Artigo 3: Secagem de polpas de cajá com adição de culturas probióticas em leito de jorro

**Resumo:** A implementação de bactérias probióticas em polpas de frutas, é uma excelente alternativa para a produção e inovação do seguimento voltado aos alimentos funcionais, alinhando a viabilidade econômica da polpa de cajá com a busca por meios alternativos que correspondam a veiculação das bactérias probióticas. Com isso, o objetivo do presente trabalho foi estudar a secagem em leito de jorro de polpa de cajá probiótica, com a inoculação da *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis. Um delineamento experimental compreendendo 11 experimentos foi utilizado na secagem em leito de jorro, variando a temperatura de entrada, concentração de maltodextrina e concentração de inulina, sendo as variáveis dependentes o rendimento do processo de secagem e o número de células viáveis. Propriedades físico-químicas e químicas da polpa de cajá probiótica líquida e resultante dos 11 ensaios de secagem foram avaliadas. A caracterização da polpa probiótica líquida, verificou-se um produto rico em compostos bioativos, além de conter os atributos físico-químicos necessário para desenvolvimento da bactéria. Os resultados revelaram que maiores concentrações de inulina (7,5%) resultaram em menor rendimento do processo, assim como o ensaio com menor temperatura (50°C) e concentrações de maltodextrina e inulina (2,5% cada) resultaram em um pó com o maior número de células vivas, mesmo os 11 ensaios encontrando-se de acordo com a legislação vigente. Na caracterização físico-química das amostras em pó, observa-se a conservação dos parâmetros analisados, considerando o pó final como sendo um produto submetido a temperaturas elevadas e adição de adjuvantes e encapsulantes, onde mesmo havendo a degradação, também há a concentração de compostos e a eliminação de elevados teores de água, considerando assim a secagem em leito de jorro como sendo um método eficiente no seguimento estudado.

**Palavras-chave:** *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis; delineamento experimental; número de células viáveis; rendimento.

**Abstract:** The implementation of probiotic bacteria in fruit pulps is an excellent alternative for the production and innovation of functional food tracking, aligning the economic viability of the cajá pulp with the search for alternative means that correspond to the transmission of probiotic bacteria. Thus, the objective of the present work was to study the drying in a spouted bed of probiotic cajá pulp, with the inoculation of *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis. An experimental design consisting of 11 experiments was used in the jet bed drying, varying the inlet temperature, maltodextrin concentration and inulin concentration, being the dependent variables the yield of the drying process and the number of viable cells. Physicochemical and chemical properties of liquid probiotic cajá pulp resulting from the 11 drying tests were evaluated. The characterization of the liquid probiotic pulp was found to be a product rich in bioactive compounds, besides containing the physicochemical

attributes necessary for the development of the bacteria. The results revealed that higher inulin concentrations (7.5%) resulted in lower process yield, as did the lower temperature assay (50°C) and maltodextrin and inulin concentrations (2.5% each) resulted in a powder with the largest number of living cells, even the 11 assays are in accordance with current legislation. In the physicochemical characterization of the powder samples, it is observed the conservation of the analyzed parameters, considering the final powder as being a product subjected to high temperatures and addition of adjuvants and encapsulants, where even with degradation, there is also the concentration of compounds. and the elimination of high water content, considering the drying in the spouted bed as an efficient method in the studied follow-up.

**Keywords:** *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis; experimental design; number of viable cells; yield

## Introdução

A valorização da exploração de produtos regionais visa ampliar seu consumo e evidenciar suas características sensoriais e funcionais, alocando valor econômico e nutricional. Com a busca por uma perspectiva de inovação e interesse dos consumidores, observa-se a atual necessidade de pesquisar produtos com uma abundante disponibilidade de substâncias variadas, direta ou indiretamente capazes de suprir o mercado e as expectativas depositadas nesse segmento (JOSHI; ROY; BANERJEE, 2018).

O cajá é considerado uma espécie frutífera tropical nativa e exótica, pertencente ao gênero *Spondia*. O processamento do cajá gera de 45-50% de resíduos compostos por casca e semente, e de 50-55% de polpa, havendo um rendimento favorável ao potencial uso da polpa para alguma finalidade (ANDRADE et al., 2018). São considerados substancialmente nutricionais, compreendendo a presença de compostos bioativos, elevado teor de vitamina C, provitamina A e de substâncias antioxidantes. Sua composição enquadra quantificações em 100g de polpa de valor energético de aproximadamente 50kcal, carboidratos totais de 6g e aproximadamente 2% de fibras insolúveis, evidenciando assim a relevância e destaque nutricional a espécie (NETO, 2019; SILVINO, 2017).

Tendo em vista a disponibilidade nutricional e de produção do cajá, observa-se uma fonte viável para obtenção de um produto com características funcionais, como os probióticos, definidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS, 2006), como microrganismos vivos que são benéficos para a saúde do hospedeiro quando administrados em quantidades adequadas, devendo haver um meio viável na preparação e manter essa viabilidade no ecossistema digestivo com condição indispensável para a sua atuação. Podem ser classificados como bacterianos e não bacterianos, sendo de interesse a produção de produtos alimentícios os bacterianos, como os *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis., devido à escassez de pesquisas (NUNES; GARRIDO, 2018). Os probióticos, possuem ações capazes de induzir respostas pró-inflamatórias, anti-inflamatórias ou secretórias que podem inibir a

carcinogênese. Segundo a ANVISA (2013) e a OMS (2006), para os bifidobacterium a dosagem necessária para eficácia da bactéria deve ser de  $10^{10}$  UFC/g, duas vezes ao dia.

Sendo as polpas de frutas, subprodutos de alta perecibilidade, a remoção da umidade presente são fundamentais para a utilização e aproveitamento desses produtos a qualquer período do ano, sendo essencial para garantir a integridade das características nutritivas e evitar o surgimento de propriedades antinutricionais devido a atividade microbiana, atrelando viabilidade econômica e alta qualidade do produto final, através dos processos de secagem (FERREIRA et al., 2019). Por se tratar de um método de secagem capaz de correlacionar a transferência instantânea e simultânea de calor e massa com a possibilidade do controle efetivo da quantidade relativa de umidade, o leito de jorro confere baixo custo para fins industriais, além da escassez de produtos obtidos por esse método (ROCHA et al., 2018; PAOLINI; SANTOS; GOULART, 2019).

Alguns estudos como o de Paim et al. (2016), onde os autores observaram a microencapsulação do suco de juçara probiótico micro encapsulado por secagem por pulverização, empregando a bactéria probiótica *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis, obtiveram como resultado um número de células viáveis acima de  $10^6$  UFC/g, além de apresentar teores satisfatórios de antocianinas e fenólicos. Gonçalves et al. (2014) observaram a viabilidade de células probióticas provenientes de *Lactobacillus Acidophilus* em preparações de frutas, sendo submetidas a secagem em estufa de circulação de ar, obtendo como resultado um produto em pó com um número de células viáveis superior a  $10^6$  UFC/g. Anekella e Orsat (2013), estudaram a otimização da microencapsulação de probióticos a base de *Lactobacillus* em suco de framboesa por secagem por pulverização, observando como resultado que ao aumentar a taxa de microencapsulante é obtido um aumento no número de células viáveis

Ao considerar a polpa integral de cajá como um meio propício ao desenvolvimento de uma bactéria probiótica, tornando-a um alimento funcional, com a contagem de células vivas de acordo com a legislação e o produto final conferir características favoráveis. A influência do processo de secagem por leito de jorro, terá o intuito de relatar a conservação ou degradação das características do produto final em pó, assim como a sobrevivência das células após ser submetidas a técnica em questão. Com isso, o objetivo do trabalho foi estudar a ação de uma secagem nas propriedades funcionais da polpa de cajá probiótica.

## **Material e Métodos**

### **- Matéria-prima**

Os frutos de cajá (*Spondias mombim* L.) utilizados, provenientes do cariri paraibano, colhidas no período da safra de 2019, com estágio de maturação maduro. A cultura probiótica utilizada foi a



*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis (DELVO®PRO LAFTI B94). A inulina e maltodextrina (DE20), foram obtidas na farmácia de manipulação ROVAL (Paraíba, Brasil).

### - Inoculação do microrganismo

Inicialmente, realizou-se o ajuste do pH inicial das polpas para aproximadamente 7,0 utilizando solução de hidróxido de sódio (NaOH), visto que, esta base é considerada um aditivo alimentar com função reguladora da acidez (“Informe Técnico nº 33, de 25 de outubro de 2007 - Busca - Anvisa,”), seguido de tratamento térmico à 65 °C/20min em banho-maria. Após resfriada foi realizada a adição da cultura probiótica comercial (*Bifidobacterium animalis* ssp. lactis) em uma concentração de 0,1%. A incubação foi executada de forma asséptica em câmara de fluxo laminar.

### - Delineamento experimental para o processo de secagem de polpa de cajá probiótica em leite de jorro

Foram estudadas a influência das variáveis independentes, temperatura de entrada do ar de secagem (°C), concentração de maltodextrina (%) e concentração de inulina (%), no rendimento do processo e número de células viáveis da polpa de cajá probiótica, em secador do tipo leite de jorro (modelo FBD 1.0 da marca LabMaq do Brasil). Um delineamento experimental 2<sup>3</sup>+3 foi escolhido, com 3 experimentos no ponto central, resultando 11 experimentos, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Resumo dos ensaios de secagem propostos pelo delineamento experimental

Ensaio	T <sub>in</sub> (°C)	C <sub>MALTO</sub> (%)	C <sub>INU</sub> (%)
1	50	2,5	2,5
2	70	2,5	2,5
3	50	7,5	2,5
4	70	7,5	2,5
5	50	2,5	7,5
6	70	2,5	7,5
7	50	7,5	7,5
8	70	7,5	7,5
9	60	5,0	5,0
10	60	5,0	5,0
11	60	5,0	5,0

T<sub>in</sub>: Temperatura de entrada do ar de secagem; C<sub>MALTO</sub>: Concentração de Maltodextrina; C<sub>INU</sub>: Concentração de inulina.

O fluxo de alimentação foi fixado em 5 g/min e a pressão de atomização em 3 bar. As amostras em pó foram armazenadas em embalagens metálicas flexíveis com zíper (espessura 0,11 mm, tamanho 10x17,5cm), vedado a vácuo e armazenado em um dessecador em temperatura ambiente.

### - Variáveis dependentes

O número de células viáveis, foram obtidos a partir da diluição seriada de uma amostra do produto em água peptonada 1% (m/v) de acordo com metodologia da International Dairy Federation (“ISO 20128 | IDF 192,”2006.). O plaqueamento foi realizado em placas de Petri por inoculação em profundidade de Agar MRS, adicionado de L-cisteína a 0,5 g/L com adição de sobrecamada (DE MAN; ROGOSA; SHARPE, 1960), incubadas a 35°C por 72 horas em jarras de anaerobiose contendo sistema de remoção de oxigênio. Sendo os resultados expressos em Unidade Formadora de Colônia por mililitro (UFC/mL).

O rendimento foi calculado conforme Rocha et al. (2015), de acordo com a equação (1), com resultados expressos em porcentagem.

$$R = \frac{M_C * (1 - X_C)}{M_A * (1 - X_A)} * 100 \quad (1)$$

Onde, MC é a massa coletada (g); MA é a massa alimentada (g); XC é o teor de água da amostra coletada (g); XA é o teor de água da amostra alimentada (g).

### - Caracterização físico-química e química da polpa de cajá probiótica e polpa de cajá probiótica em pó

A composição físico-química foi determinada em triplicata para a polpa probiótica de cajá e para a polpa probiótica de cajá em pó, com o intuito de observar a ação do método de secagem escolhido, sendo possível analisar se houve conservação das características do produto.

De acordo com os métodos AOAC (2010) foram determinadas as quantificações de pH, acidez, teor de água e sólidos totais. As análises de carboidratos redutores, com base no método proposto por (MILLER, 1959), o teor de ácido ascórbico conforme metodologia descrita por Keller and Schwager (1977), a obtenção do teor de compostos fenólicos totais de acordo com método descrito por Singleton and Rossi (1965) utilizando o reagente Folin-Ciocalteu e o teor de carotenoides totais segundo Lichtenthaler (1987).

### - Análise estatística

Os dados das caracterizações físico-químicas foram submetidos ao delineamento inteiramente casualizado e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o programa Assistat versão 7.7. No planejamento experimental, os efeitos das variáveis independentes

sobre as variáveis dependentes foram avaliados mediante análise estatística utilizando o programa computacional Statistica versão 7.0..

## Resultados e Discussão

### - Caracterização físico-química e química da polpa probiótica de cajá

Na Tabela 2 são observados os parâmetros físico-químicos e químicos da polpa de cajá probiótica, ou seja, após inoculação e posterior desenvolvimento do *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis.

Tabela 2 - Caracterização da polpa de cajá probiótica

Parâmetros	Polpa de cajá probiótica
pH	6,033±0,057
Acidez (%Ácido Cítrico)	0,274±0,036
Sólidos Solúveis Totais (°Brix)	11,333±0,288
Teor De Água (%)	87,533±0,152
Sólidos Totais (%)	12,466±0,152
Fenólicos Totais (mg/100ml)	185,260±0,553
Ácido Ascórbico (mg/100ml)	15,555±0,057
Carboidratos Redutores (ug/100ml)	3,203±0,003
Carotenoides (mg/100g)	0,0366±0,0026

Média±Desvio Padrão.

Por se tratar de uma caracterização feita após desenvolvimento do microrganismo, observa-se que o pH (6,033) e a acidez (0,274% de ácido cítrico) são valores propícios ao desenvolvimento da bactéria (VARAVALLO; THOMÉ; TESHIMA, 2008), evitando a proliferação de outros microrganismos indesejados e que se desenvolvam em faixas de pH diferentes da encontrada após neutralização da polpa de cajá integral. Por ser, a acidez, um parâmetro inverso ao pH, nota-se o mesmo comportamento do pH.

O parâmetro sólidos solúveis totais, expressos em °Brix, apresenta um valor elevado por se tratar de uma polpa de fruta utilizada como meio de desenvolvimento de um microrganismo, que conseqüentemente necessita de nutrientes para realizar tal feito. O teor de água mostrou-se elevado devido à alta perecibilidade geralmente observado nas polpas de fruta, sendo também a água um importante componente para o desenvolvimento da bactéria inoculada na polpa.

A perfil químico da polpa probiótica de cajá, trouxe valores significativos de fenólicos, ácido ascórbico, carboidratos redutores e carotenoides. Quantificações essas esperadas por ser tratar de um espécie (*Spondias*) que apresenta frutas consideradas como fonte de vitaminas e compostos bioativos (SOUZA et al., 2018).

### - Coeficientes de regressão

A Tabela 3, demonstra a influência de cada variável em função dos coeficientes utilizados para ajustar a equação polinomial, os valores de F e o coeficiente de determinação  $R^2$ .

Tabela 3 - Coeficientes de regressão obtidos para rendimento e número de células viáveis

Coeficientes	Variáveis	R (%)	NCV (UFC/g)
$\beta_0$	-	18,04950	4,54485E+11
$\beta_1$	$T_{in}$	NS	NS
$\beta_2$	$C_{MALTO}$	NS	-1,18542E+11
$\beta_3$	$C_{INU}$	-2,39050	-2,02625E+11
$\beta_4$	$T_{in} \cdot C_{MALTO}$	NS	NS
$\beta_5$	$T_{in} \cdot C_{INU}$	NS	NS
$\beta_6$	$C_{MALTO} \cdot C_{INU}$	NS	1,29958E+11
$\beta_7$	$T_{in} \cdot C_{MALTO} \cdot C_{INU}$	NS	NS
$R^2$	-	0,65017	0,82452
F	-	16,7268	10,9637

$\beta_0$ ,  $\beta_7$ : Coeficientes de regressão;  $R^2$ : Coeficiente de determinação;  $T_{in}$ : Temperatura de entrada;  $C_{MALTO}$ : Concentração de maltodextrina;  $C_{INU}$ : Concentração de inulina; NS: Não Significativo; R: Rendimento; NCV: Número de células viáveis.

Conforme a Tabela 3, sendo o coeficiente  $\beta_0$  a média para cada variável dependente, observa-se valores representativos em relação aos ensaios de secagem individualmente analisado. O rendimento (R) do processo mostrou-se baixo, tornando-se uma fonte de objeto de estudo para observar quais parâmetros fixos ou variáveis ao longo do planejamento deveriam ser modificados para resultar valores maiores. O número de células viáveis (NCV) sucedeu em um valor médio superior ao exigido para dose diária recomendada pela legislação (ANVISA e OMS) para um alimento ser considerado probiótico, ressaltando assim que a polpa de cajá é um ambiente favorável ao desenvolvimento e conservação do microrganismo com vida.

A temperatura ( $T_{in}$ ) não apresentou valores significativos para as variáveis dependentes, resultando na baixa influência da mesma quando relacionada no processo com os resultados obtidos para rendimento e número de células viáveis.

Para concentração de maltodextrina ( $C_{MALTO}$ ), observou-se uma influência negativa em relação ao número de células viáveis, ou seja, o aumento da concentração de maltodextrina resultou em uma redução no valor médio obtido, sendo um comportamento favorável ao processo, pois demonstra que não há necessidade de utilizar grandes concentrações de maltodextrina para garantir valores desejados de células vivas no produto final.

A concentração de inulina ( $C_{INU}$ ) influenciou negativamente o rendimento e o número de células viáveis no processo, demonstrando mais uma vez que uma maior quantidade de suprimentos pode reduzir o rendimento do processo, por se tratar de um encapsulante voltado a proteção do microrganismo, e reduzir o número de *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis vivos, devido ao excesso de nutrientes, tornando o ambiente competitivo e podendo levar a morte das células vivas presentes.

A partir da interação dupla ( $\beta_4$ ,  $\beta_5$ ,  $\beta_6$ ) e tripla ( $\beta_7$ ) das variáveis, é possível observar que apenas a interação entre a concentração de maltodextrina e inulina influenciou no processo de secagem, positivamente, resultando em um crescimento do número de células viáveis na média ao aumentar a concentração de ambos em conjunto, podendo ser explicado pelo fato de que há um equilíbrio entre o adjuvante de secagem e o encapsulante que resulta na resistência das células ao serem submetidas ao processo.

Sendo o coeficiente de determinação,  $R^2$ , uma quantificação em relação a qualidade do ajustamento por fornecer uma medida da proporção da variação explicada pela equação de regressão em relação à variação total das respostas, variando de 0 a 1. Para o rendimento pode-se observar um coeficiente de determinação relativamente baixo (0,65017) mais justificável pelo fato de atuar como uma variável ligada diretamente ao processo de secagem, que se trata de uma técnica onde diversos fatores de controle, fixos e alteráveis, são adotados e torna-se mais difícil encontrar pontos ótimos para todos, resultando em um baixo, mas aceitável, ajustamento do modelo.

Na variável número de células viáveis (NCV), o  $R^2$  observado é mais próximo de 1 (0,82452) analisando assim um melhor ajuste ao modelo, pois quanto mais próximo de 1 melhor a relação da equação de regressão e das variáveis dependentes, contudo, ao tratar do NCV, estamos aplicando modelos e resultados matemáticos a organismos vivos, ou seja, seu comportamento pode ir em desencontro do esperado devido a condições impostas durante o processo, desde a inoculação até o armazenamento da polpa probiótica em pó.

Por se tratar de um teste, utilizado para comprovar quais os fatores e interações são realmente significantes no processo, o teste F é de fundamental importância para entender o comportamento da variável dependente, relacionando o F calculado através da ANOVA e o F tabelado através dos graus

de liberdade observados em cada variável dependente. Ao correlacionar o F calculado para a variável rendimento, 16,7268 com o F tabelado para seus respectivos graus de liberdade (1,9), 4,35, observamos que o F calculado é maior que o F tabelado, decorrendo uma significância do rendimento ao processo. Para o número de células viáveis, temos o F calculado de 10,9637, que quando comparado ao F tabelado de 4,35 para seus respectivos graus de liberdade (3,7), é possível encontrar que essa variável dependente também foi estatisticamente significativa ao processo.

Os graus de liberdade apresentaram valores distintos e os valores de  $R^2$  foram baixos devido a parametrização efetuada, objetivando-se otimizar os parâmetros e ajusta-los melhor ao modelo.

### - Superfícies de resposta

Sendo as superfícies de resposta, um método capaz de realizar uma predição das condições ideais a serem empregadas durante o processo. Conforme Rodrigues e Iemma (2014), para um planejamento do tipo delineamento experimental (DOE), as superfícies de resposta devem ser geradas se a análise de variância (ANOVA) for significativa, sendo esse estado observado através do p-valor.

A Tabela 4, exibe os valores correspondentes ao p-valor para cada variável dependente a partir das variáveis dependentes e suas interações que portaram de coeficientes de regressão significativos após parametrização do delineamento experimental.

Tabela 4 - p-valor obtido na análise de variância (ANOVA)

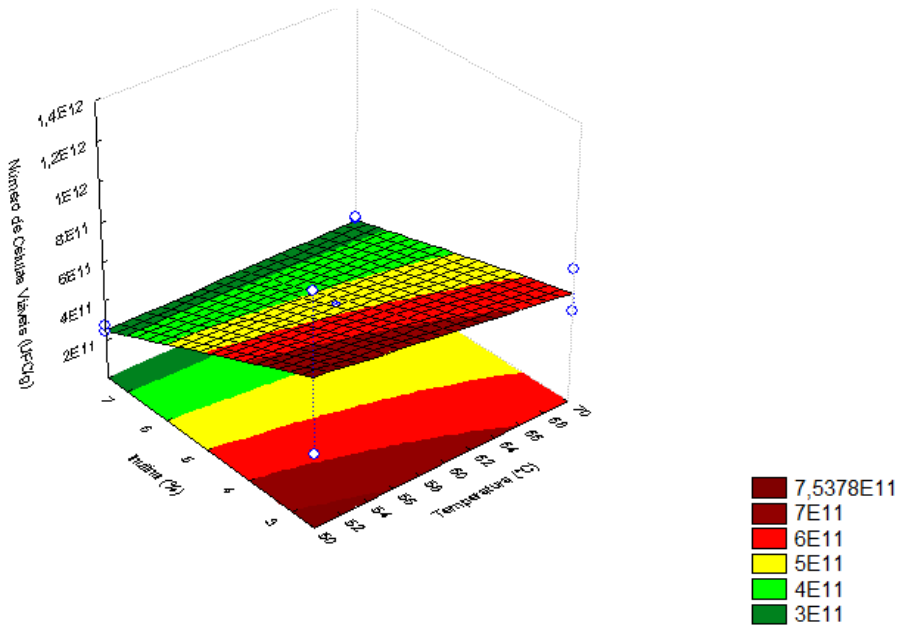
<b>p-valor</b>	<b>Variável Independente</b>
$C_{INU (R)}$	0,002718
$C_{MALTO (NCV)}$	0,039023
$C_{INU (NCV)}$	0,003434
$C_{MALTO.C_{INU (NCV)}}$	0,027389

$C_{MALTO}$ : Concentração de maltodextrina;  $C_{INU}$ : Concentração de inulina. R: Rendimento; NCV: Número de células viáveis.

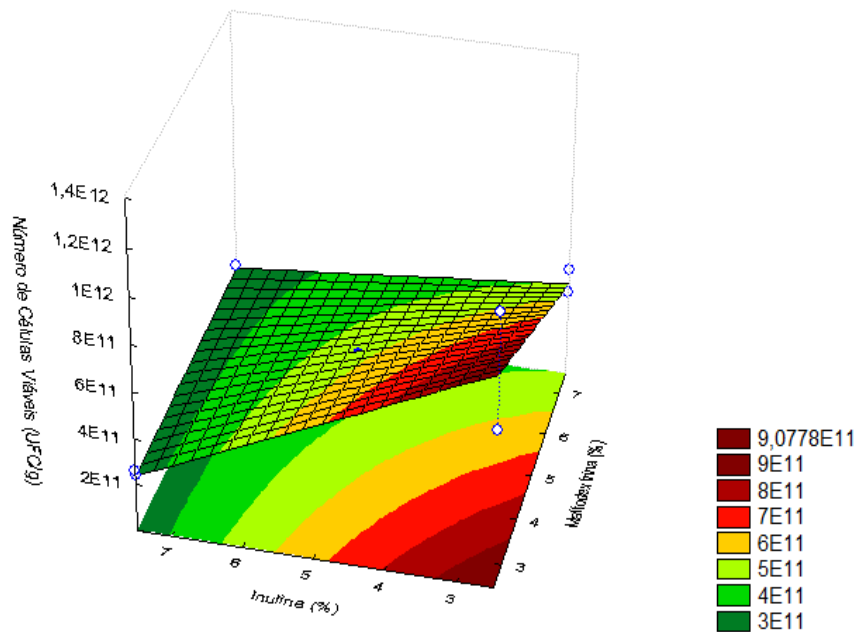
Ao analisar o p-valor, para o nível de 5% (0,005) de significância, observamos que para o rendimento o a ANOVA não obteve resultados significativos, pois o p-valor é inferior ao nível estabelecido ( $0,002718 < 0,005$ ). Para o número de células viáveis, é possível analisar que para a concentração de inulina a ANOVA não conduziu resultados significativos, pois o p-valor é menor que o nível de significância, enquanto para a concentração de maltodextrina e a interação entre as concentrações ocorreu o inverso, ou seja, o p-valor é superior ao nível de significância estabelecido, ressaltando a análise de variância como significativa.

Com isso, as superfícies de resposta foram geradas para análise de tendências e de regiões de interesse ao processo apenas para o número de células viáveis, realizando as interações que contenham as concentrações de maltodextrina e inulina, por serem as variáveis independentes com significância na análise de variância, conforme Figura 1A e Figura 1B.

Figura 1- - Superfície de resposta do número de células viáveis em função da concentração de inulina e temperatura (A) e concentração de maltodextrina e inulina (B)



(A)



(B)

A Figura 1A ilustra os efeitos da concentração de inulina e da temperatura de entrada quando a concentração de maltodextrina está fixada no ponto central. O comportamento do número de células viáveis observado através da superfície de resposta pode ser explicado da seguinte forma: uma menor concentração de inulina torna o ambiente menos competitivo e conseqüentemente um maior número de bactérias conseguem sobreviver, isso se confirma pelo fato de que ao efetuar a secagem a 50°C temos um valor médio de 7E+11 UFC/g e ao utilizar 70°C temos um valor próximo de 6E+11 UFC/g. Enquanto, ao utilizar o nível máximo de concentração de inulina (7,5%), observamos uma tendência do processo a redução da quantidade de células vivas (3E+11 UFC/g), independente da temperatura utilizada, sendo esse comportamento observado a partir de aproximadamente 4% de concentração de inulina.

Fazendo a análise do comportamento do número de células viáveis em relação a concentração de inulina e de maltodextrina, quando se mantem a temperatura no ponto central, como mostra a Figura 1B, pode-se observar que o número de células viáveis aumenta com a redução das duas concentrações em paralelo, como já discutido. Revelando ao processo que o uso do adjuvante (maltodextrina) e o encapsulante (inulina), não necessita de quantidade elevadas para resultar em um produto final com alta quantificação de bactérias vivas.

#### - Ensaios de secagem

Na Tabela 5, podemos observar os valores obtidos nos 11 experimentos do planejamento experimental para rendimento e número de células viáveis, sendo esses valores utilizados para obtenção da estatística obtida no delineamento experimental (DOE) executado.

Tabela 5 - Resultados obtidos nos ensaios de secagem

<b>EXP.</b>	<b>RENDIMENTO (%)</b>	<b>NCV (UFC/g)</b>
<b>1</b>	17,863	1,16E+12
<b>2</b>	19,401	6,80E+11
<b>3</b>	19,620	3,72E+11
<b>4</b>	23,615	4,69E+11
<b>5</b>	15,457	2,43E+11
<b>6</b>	16,519	2,62E+11
<b>7</b>	15,057	2,76E+11
<b>8</b>	14,343	2,75E+11
<b>9</b>	18,770	4,30E+11
<b>10</b>	19,6962	4,15E+11



R: Rendimento; NCV: Número de células viáveis.

Conforme os valores observados na Tabela 1, a discussão dos resultados se funda nos níveis utilizados de temperatura (50, 60 e 70 °C), concentração de maltodextrina (2,5; 5,0 e 7,5%) e concentração de inulina (2,0; 5,0 e 7,5%).

Para a variável rendimento, o ensaio que obteve menor eficiência foi o 8, com 14,343%, ao observar os valores das variáveis do processo para esse experimento (Tabela 1), temos que todos os níveis utilizados foram os máximos, sendo possível afirmar que um alto gasto de suprimentos, como no caso da maltodextrina e inulina, não trouxeram eficácia ao processo, podendo assim ressaltar que uma possível industrialização do produto não traria gastos máximos, sendo um dos fatores de maior interesse as indústrias. O inverso, tratando-se do rendimento foi visto no experimento 4, onde, conforme a Tabela 1, podemos observar que a temperatura desse ensaio também foi 70°C e a concentração de maltodextrina também foi 7,5%, sendo apenas a concentração de inulina 2,5%, podendo assim ser constatado que um alto teor de inulina para a relação produto/processo não trouxe valores satisfatórios de rendimento.

Como a inulina foi utilizada como um encapsulante, agindo na proteção do microrganismo inoculado na polpa de cajá, ao analisar sua influência no rendimento do processo, obtemos um resultado desfavorável para valores máximos (7,5%) da sua concentração e benéficos aos valores mínimos (2,5%) da sua concentração. Esse comportamento é observado ao analisar do experimento 1 a 4, onde têm-se maiores valores de rendimento e neles foram utilizados 2,5% de inulina, e dos experimentos 5 a 8 valores menores, onde foram utilizados 7,5% de concentração de inulina. Nos experimentos 9,10 e 11, observamos que a assimetria da maltodextrina e da inulina no nível mediano (5,0% de concentração), resultaram em valores semelhantes aos de melhor resultado de rendimento, sendo esse comportamento também observado por (PAIM et al., 2016) ao estudarem a secagem de polpa de juçara probiótica, onde ao utilizar um proporção de 50:50 de maltodextrina e inulina, que eram vistos como os valores intermediários, assim como no presente estudo, o rendimento resultava em resultados eficazes.

O número de células viáveis durante os 11 ensaios de secagem apresentou valores próximos, tendo em vista que os valores são exponencial a +11, exceto o experimento 1 que apresentou exponencial +12, mesmo havendo uma menor concentração de inulina e maltodextrina, conforme Tabela 1, esse comportamento se dá pelo fato de que quanto maior a quantidade de sólidos presentes na polpa probiótica mais competitivo o meio para o microrganismo, podendo assim, justificar o fato de que o experimento com os níveis mínimos de concentração, foi o que apresentou melhor resultado. Além disso, observa-se que o experimento 1, também utilizou a temperatura de entrada de 50°C,

confirmando assim que a resistência da bactéria a elevadas temperaturas também se fez presente durante o processo. Contudo, todos os ensaios de secagem estão coerentes com as normas impostas pela ANVISA (2013) e a OMS (2006), que indicam um exponencial +6 (UFC/g) duas vezes ao dia, podendo assim, ser considerados um alimento com efeitos probióticos.

### - Caracterização físico-química e química da polpa probiótica de cajá em pó

Na Tabela 6, consta os valores obtidos para os parâmetros físico-químicos e químicos, com o intuito de observar as possíveis alterações causadas no produto após a secagem, quando comparada com a Tabela 2, e o perfil de cada ensaio de secagem, analisando assim a influência das variáveis independentes do processo.

Tabela 6 - Resultados obtidos na caracterização físico-química e química dos ensaios de secagem

	AT	TA	TS	FT	AA	CR	CT	
	pH	(% C <sub>6</sub> H <sub>8</sub> O <sub>7</sub> )	(%)	(%)	(mg/g)	(mg/g)	(mg/100g)	
<b>1</b>	5,866a ± 0,015	1,022c ± 0,015	21,183a ± 0,326	78,816e ± 0,326	37,348a ± 1,579	0,211c ± 0,0009	3,17E-5g ± 1,98 E-6	0,0546a ± 0,0005
<b>2</b>	5,853a ± 0,005	1,087a ± 0,013	16,386d ± 0,453	83,613b ± 0,453	32,087a ± 1,397	0,222b ± 0,005	3,29E-5g ± 2,1E-6	0,0485b ± 0,0036
<b>3</b>	5,88a ± 0,01	1,027c ± 0,311	18,43b ± 0,368	81,57d ± 0,367	21,693b ± 4,003	0,212c ± 0,0006	3,53E-5e ± 2,8E-6	0,0373c ± 0,0005
<b>4</b>	5,87a ± 0,01	1,078a ± 0,01	15,616d ± 0,81	84,383a ± 0,381	21,835b ± 3,379	0,215c ± 0,001	3,0E-5h ± 2,97E-5	0,0271e ± 0,0012
<b>5</b>	5,87a ± 0,01	1,026c ± 0,02	18,810b ± 0,228	81,19d ± 0,228	23,190b ± 1,265	0,221b ± 0,001	4,95E-5a ± 1,36E-6	0,0334c ± 0,001
<b>6</b>	5,863a ± 0,005	1,082a ± 0,006	15,58d ± 0,502	84,42a ± 0,502	21,910b ± 2,192	0,257a ± 0,004	4,27E-5c ± 1,49E-6	0,0284d ± 0,0019
<b>7</b>	5,862a ± 0,005	1,022c ± 0,015	18,476b ± 0,33	81,524d ± 0,33	21,425b ± 0,347	0,208d ± 0,002	4,66E-5b ± 1,63E-6	0,0286d ± 0,0001
<b>8</b>	5,873a ± 0,005	1,083a ± 0,027	15,136d ± 0,366	84,863a ± 0,366	19,283b ± 1,62	0,252a ± 0,006	4,05E-5d ± 2,14E-6	0,0255e ± 0,0003
<b>9</b>	5,863a ± 0,005	1,056b ± 0,013	17,7c ± 0,262	82,3c ± 0,262	22,104b ± 0,868	0,220b ± 0,0009	3,95E-5d ± 5,98E-8	0,0238f ± 0,0003
<b>10</b>	5,862a ± 0,005	1,057b ± 0,018	17,536c ± 0,335	82,463c ± 0,335	22,631b ± 0,307	0,226b ± 0,002	3,97E-5d ± 7,07E-7	0,0239f ± 0,0005
<b>11</b>	5,876a ± 0,01	1,055b ± 0,015	17,49c ± 0,327	82,51c ± 0,327	22,435b ± 1,98	0,227b ± 0,001	3,97E-5d ± 8,77E-7	0,0236f ± 0,0008

AT: Acidez titulavel; TA: Teor de água; TS: Teor de sólidos; FT: Fenólicos totais; AA: Ácido ascórbico; CR: Carboidratos redutores; CT: Carotenoides totais. C<sub>6</sub>H<sub>8</sub>O<sub>7</sub>: ácido cítrico. Média ± Desvio padrão. Letras iguais na mesma coluna não diferem estatisticamente (P ≤ 0,05) do padrão segundo teste de Tukey a 5% de significância.

Por se tratar de um parâmetro que está diretamente ligado a sobrevivência da bactéria (*Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*), evitando assim a proliferação de outros microrganismos indesejados e a fase de declive das mesmas, o pH deve ser observado com cautela, pois por ter uma faixa de desenvolvimento ótimo com pH entre 6,5 e 7,0, segundo Butel (2014) há uma redução da sua multiplicação com pH inferior a 5,0, logo as amostras obtidas em pó, ainda estão em condições favoráveis a sobrevivência do microrganismo probiótico na polpa de cajá.

Estatisticamente, não houve diferença entre as amostras ao nível de significância estabelecido no teste de Tukey, ratificando que não houve influência das variáveis de secagem alteradas durante o planejamento no pH do produto final obtido em cada ensaio. Seguindo a mesma argumentação, é possível reiterar que o pH não foi alterado em valor significativo quando comparado a polpa probiótica líquida, conforme Tabela 2 (6,033).

A acidez manteve um comportamento baseado na temperatura de secagem, havendo aumento ao utilizar uma temperatura de entrada maior e uma redução ao utilizar valores menores, como no experimento 2 e 1, respectivamente. Esse comportamento é aceitável pelo fato de que ao reduzir a quantidade de água presente na polpa probiótica de cajá, há uma concentração de alguns nutrientes e compostos, como os ácidos orgânicos, com isso, quanto maior a temperatura do processo maior a eficácia da redução de água e conseqüentemente maior acúmulo dos ácidos, como o ácido cítrico presente na polpa, resultando no aumento da acidez (NUNES et al., 2017).

Ao analisar o valor da acidez na polpa probiótica líquida, conforme Tabela 2, é possível constatar a afirmativa de Nunes et al. (2017), pois devido à alta quantidade de água presente na amostra citada, sua acidez é quantificada em 0,274 % de ácido cítrico, valor esse inferior ao observado nas amostras submetidas ao processo de secagem e conseqüentemente a concentração das substâncias presentes. Quanto ao comportamento estatístico, houve diferença significativa entre as amostras com diferentes temperaturas, seja 50, 60 ou 70°C, havendo um agrupamento de cada uma, confirmando assim a hipótese levantada anteriormente.

Com o intuito de tornar os produtos oriundos de frutas, como as polpas, com maior valor comercial, a aplicação das técnicas de secagem age na redução da água presente nas mesmas, resultando conseqüentemente em diminuição do teor de água e aumento do teor total de sólidos (FONTES et al., 2018). Esse comportamento é facilmente observado no presente estudo, onde os ensaios com maior temperatura de entrada (70°C), originou amostras em pó com menor teor de água, e por conseguinte, maior teor de sólidos, o inverso ocorreu com as amostras com as temperaturas inferiores, de 50 e 60°C.

Por se tratar de uma secagem em um produto que tem uma resistência a temperaturas elevadas, devido a sobrevivência da *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*, onde a mesma, segundo Butel (2014),

multiplica-se em ambientes com temperatura entre 20 e 46°C, podendo iniciar o declive ou morte a 60 °C, existiu uma maior precaução para interligar a sobrevivência das bactérias e a qualidade do produto final. Contudo, os resultados obtidos foram satisfatórios, com intervalo de 15,13 a 21,183% para teor de água e 78,81 a 84,863% para teor de sólidos, esse mesmo comportamento pode ser observado em outros estudo com secagem de polpas de fruta, como verificado por Spouted & Dryer (2015) ao secarem polpa de caju em leito de jorro com as mesmas temperaturas utilizadas no presente estudo.

As demais variáveis, concentração de maltodextrina e de inulina, também permitiram influência no teor de sólidos final das amostras em pó, onde ao analisar o comportamento do ensaio 1, com menor concentração de maltodextrina (2,5%) e inulina (2,5%) e o ensaio 8, com maior concentração (7,5% de cada), é possível atentar que seus respectivos teor de sólidos foram 78,816 e 84,863%, ocasionando em um desempenho dentro do observado, onde quanto maior a quantidade de suprimentos (maltodextrina e inulina) adicionados maior o teor de sólidos no produto em pó final, e vice-versa.

Quanto ao comportamento estatístico em ambos os parâmetros, teor de água e teor de sólidos, houve diferença significativa entre as amostras, devido ao comportamento verificado conforme a relação das variáveis com esses parâmetros citados.

Sendo os compostos fenólicos substâncias que agregam aos alimentos elevada capacidade antioxidante, antimicrobiana e anti-inflamatória no organismo, devem ser mantido em quantidades suficientes há garantir sua eficácia, mesmo não havendo uma dose diária recomendada (REFOSCO et al., 2019). Nos ensaios obtidos após a secagem observa-se uma redução do teor de fenólicos quando comparados com a polpa probiótica líquida, justificando-se pela exposição a temperaturas elevadas, onde pode-se ocasionar a degradação de compostos bioativos.

Contudo, as amostras apresentam, valores relevantes e com maior representatividade nos ensaios 1 e 2, onde tem-se menores concentrações de maltodextrina e inulina, além de ressaltar a degradação por temperatura sendo observado 37,348 e 32,087 mg/g, que representam respectivamente os experimentos com temperaturas de secagem de 50 e 70°C. As demais amostras não tiveram diferença significativa entre si, apenas em relação as amostras 1 e 2, já discutidas.

O mesmo ocorreu com o teor de ácido ascórbico, onde houve uma redução se relacionado com o teor na Tabela 2 (15,555 mg de ácido ascórbico/g), sendo esse comportamento semelhante ao observado no teor de fenólicos, devido a degradação pelo contato com temperaturas elevadas durante a secagem. As quantificações obtidas variaram de 0,208 a 0,257 mg de ácido ascórbico/g, havendo diferença significativa entre as amostras ao nível de significância estabelecido, mas sem resultar em grande influência a um nível mais superficial.

Seguindo o mesmo desempenho, o parâmetro carboidratos redutores também mostrou uma redução, justificado em razão da incorporação do adjuvante e encapsulante, que podem contribuir para a redução do atributo em questão. Além disso, verifica-se que existe diferença significativa a 5% de probabilidade entre as amostras, variando de  $3,0E-5$  a  $4,95 E-5$  mg/g.

Os carotenoides são um grupo de corantes naturais que se destaca por apresentar atividade biológica, de forma a promover benefícios a saúde com atividade provitamina A e antioxidante (MESQUITA; TEIXEIRA; SERVULO, 2017). Por esse motivo, além de designar a coloração, amarela, característica dos frutos de cajá, o carotenoide também é de fundamental importância a composição centesimal dos produtos derivados do fruto.

Nas amostras obtidas após a secagem podemos observar que ao elevar a temperatura de secagem, a  $70^{\circ}\text{C}$ , obtêm-se uma redução nos carotenoides, devido a degradação ocasionada pela alta temperatura, esse comportamento é facilmente notado nos experimentos 3 e 4, onde foram utilizados respectivamente  $50$  e  $70^{\circ}\text{C}$ , obtendo valores de  $0,0373$  e  $0,0271$ .

Outro ponto verificado, é que ao adicionar as máximas concentrações de maltodextrina e inulina, que são caracterizados por ser, ambos, um pó de cor branca, também há uma redução dos carotenoides, sendo ocasionada pela mudança de coloração devido ao excesso dos suprimentos inseridos, essa ação é prontamente analisada nas amostras 2 e 8 que englobam os níveis extremos do delineamento experimental (Tabela 2) onde na amostra 2 temos  $2,5\%$  de cada e na amostra 8 temos  $7,5\%$  de cada concentração, sendo ambos os processos de secagem com a temperatura de  $70^{\circ}\text{C}$ , onde os resultados obtidos são, respectivamente,  $0,0485$  e  $0,0255$ . As amostras apresentaram diferença significativas entre si, pelo fato de ser verificado uma diversificação dos resultados devido aos fatores já discutidos.

## **Conclusão**

A secagem em leito de jorro da polpa de cajá probiótica foi obtida com sucesso. A polpa antes do processo de secagem apresentou valores consideráveis e típicos do cajá, mesmo após inoculação da *Bifidobacterium animalis* ssp. lactis. O processo mostrou-se economicamente viável, por apresentar melhores resultados ao utilizar baixas concentrações de maltodextrina e inulina, além da baixa temperatura, havendo um menor gasto energético e garantindo a sobrevivência das bactérias presentes. Nos 11 ensaios de secagem observou-se uma caracterização físico-química e química bem semelhante, havendo variações pequenas por influência das variáveis do processo.

Com isso, é possível ultimar o estudo verificando a eficácia do método de secagem escolhido, a correlação e respostas obtidas com as variáveis independentes e dependentes estudadas e da garantia de manter o produto final com o número de células vivas que o mantem um alimento probiótico.

## Referências bibliográficas

ANDRADE, A. S. A. et al. ESTUDO DA PRODUÇÃO DE ENZIMAS PECTINOLÍTICAS E CELULOLÍTICAS POR FERMENTAÇÃO EM ESTADO SÓLIDO A PARTIR DO BAGAÇO DE CAJÁ. **Revista Saúde & Ciência Online**, v. 7, n. 2, p. 457-472–472, 2018.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Alimentos com Alegação de Propriedades Funcionais e ou de Saúde, Novos Alimentos/Ingredientes, Substâncias Bioativas e Probióticos, 2013.

ANEKELLA, K.; ORSAT, V. Optimization of microencapsulation of probiotics in raspberry juice by spray drying. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 1, p. 17–24, 1 jan. 2013.

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

BUTEL, M.-J. Probiotics, gut microbiota and health. **Médecine et Maladies Infectieuses**, v. 44, n. 1, p. 1–8, 1 jan. 2014.

DE MAN, J. C.; ROGOSA, M.; SHARPE, M. E. A MEDIUM FOR THE CULTIVATION OF LACTOBACILLI. **Journal of Applied Bacteriology**, v. 23, n. 1, p. 130–135, abr. 1960.

FERREIRA, S.; ARAUJO, T.; SOUZA, N.; RODRIGUES, L.; LISBOA, H. M.; PASQUALI, M.; & ROCHA, A. P. Physicochemical, morphological and antioxidant properties of spray-dried mango Kernel starch. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 1, p. 100012, 2019.

FONTES, A. S.; LEITE-NETA, M. T.; MATOS, P.; ARAÚJO, H. C.; JESUS, M.; RAJKUMAR, G.; & NARAIN, N. **Aroma retention during drying of caja-umbu fruit pulp**. Proceedings of 21th International Drying Symposium. **Anais...** In: 21ST INTERNATIONAL DRYING SYMPOSIUM. Universitat Politècnica València, 11 set. 2018Disponível em: <<http://ocs.editorial.upv.es/index.php/IDS/IDS2018/paper/view/7811>>. Acesso em: 8 jan. 2020

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS; WORLD HEALTH ORGANIZATION (EDS.). **Probiotics in food: health and nutritional properties and guidelines for evaluation**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations : World Health Organization, 2006.

GONÇALVES, H.; FERREIRA, S. R.; FILHO, U. C.. AVALIAÇÃO DA VIABILIDADE DE CÉLULAS PROBIÓTICAS DE LACTOBACILLUS ACIDOPHILLUS EM PREPARAÇÕES DE FRUTAS. p. 4, 2014.

PAOLINI, I. R.; SANTOS J. D.; GOULART G. A. S.. ESTUDO DO PROCESSO DE SECAGEM DE ARROZ PARBOILIZADO EM LEITO DE JORRO. **Revista Desafios**, v. 6, n. 3, 2019.

**Informe Técnico nº 33, de 25 de outubro de 2007 - Busca - Anvisa.** Disponível em: <[http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p\\_p\\_id=101&p\\_p\\_lifecycle=0&p\\_p\\_state=maximized&p\\_p\\_mode=view&p\\_p\\_col\\_id=column-1&p\\_p\\_col\\_count=1&\\_101\\_struts\\_action=%2Fasset\\_publisher%2Fview\\_content&\\_101\\_assetEntryId=2775154&\\_101\\_type=content&\\_101\\_groupId=33916&\\_101\\_urlTitle=informe-tecnico-n-33-de-25-de-outubro-de-2007&inheritRedirect=true](http://portal.anvisa.gov.br/resultado-de-busca?p_p_id=101&p_p_lifecycle=0&p_p_state=maximized&p_p_mode=view&p_p_col_id=column-1&p_p_col_count=1&_101_struts_action=%2Fasset_publisher%2Fview_content&_101_assetEntryId=2775154&_101_type=content&_101_groupId=33916&_101_urlTitle=informe-tecnico-n-33-de-25-de-outubro-de-2007&inheritRedirect=true)>. Acesso em: 27 ago. 2019.

**ISO 20128 | IDF 192: 2006: Milk products - Enumeration of presumptive Lactobacillus acidophilus on a selective medium - Colony-count technique at 37 °C.** **IDF Publications Catalogue**, [s.d.]. Disponível em: <<https://store.fil-idf.org/product/milk-products-enumeration-of-presumptive-lactobacillus-acidophilus-on-a-selective-medium-colony-count-technique-at-37-c/>>. Acesso em: 27 ago. 2019

JOSHI, D.; ROY, S.; BANERJEE, S. Prebiotics. In: **Natural Products and Drug Discovery**. [s.l.] Elsevier, 2018. p. 507–523.

KELLER, TH.; SCHWAGER, H. Air pollution and ascorbic acid. **Forest Pathology**, v. 7, n. 6, p. 338–350, dez. 1977.

LICHTENTHALER, H. K. [34] Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. In: **Methods in Enzymology**. Plant Cell Membranes. [s.l.] Academic Press, 1987. v. 148p. 350–382.

MESQUITA, S. DA S.; TEIXEIRA, C. M. L. L.; SERVULO, E. F. C. Carotenoids: Properties, Applications and Market. **Revista Virtual de Química**, p. 672–688, 2017.

MILLER, G. L. Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426–428, mar. 1959.

NETO, J. R. C. ASPECTOS DE QUALIDADE DE FRUTOS DE CAJÁ-MANGUEIRA: UMA REVISÃO. **Revista Científica Rural**, v. 21, n. 1, p. 111–130, 21 mar. 2019.

NUNES, J. S.; LINS, A. D. F.; GOMES, J. P.; SILVA, W. D.; & SILVA, F. D. Influência da temperatura de secagem nas propriedades físico-química de resíduos abacaxi. **Agropecuária Técnica**, v. 38, n. 1, p. 41, 10 maio 2017.

NUNES, M. L.; GARRIDO, M. P. A obesidade e a ação dos prebióticos, probióticos e simbióticos na microbiota intestinal. **Nutrição Brasil**, v. 17, n. 3, p. 189-196, 2019.

PAIM, D. R. S. F.; COSTA, S. D.; WALTER, E. H.; & TONON, R. V. Microencapsulation of probiotic jussara (*Euterpe edulis* M.) juice by spray drying. **LWT**, v. 74, p. 21–25, 1 dez. 2016.

REFOSCO, E. K.; CHOCHUK, M. M.; GASPARETTO, N. R.; & MAZUR, C. E. COMPOSTOS FENÓLICOS NA ALIMENTAÇÃO E SEUS BENEFÍCIOS PARA A SAÚDE: UMA REVISÃO DE LITERATURA. **Ciência Atual – Revista Científica Multidisciplinar do Centro Universitário São José**, v. 13, n. 1, 5 fev. 2019.

ROCHA, A. P. T., LISBOA, H. M., ALSINA, O. L. S., & SILVA, O. S. Coating process of *Phyllanthus niruri* Linn granules using spouted bed - **Powder technology**, v. 336, p. 85-91, 2018.

SILVINO, R. **Qualidade nutricional e parâmetros morfológicos do fruto cajá (*Spondias Mombin* L.)**.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144–158, 1 jan. 1965.

SOUZA, H. R. S.; CARVALHO, M. G.; SANTOS, A. M.; FERREIRA, I. M.; & OLIVEIRA, A. M. Compostos bioativos e estabilidade de geleia mista de umbu (*spondias tuberosa* arr. c.) e mangaba (*hancornia speciosa* g.). **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal**, v. 12, n. 2, p. 236-248–248, 30 jun. 2018.

SPOUTED, D. O. C. P. I., & DRYER, B. SECAGEM DA POLPA DE CAJU EM SECADOR DE LEITO DE JORRO. **Revista Brasileira de Tecnologia**, v. 9, n. 2, p. 1875-1887, 2015.

VARAVALLO, M. A.; THOMÉ, J. N.; TESHIMA, E. Aplicação de bactérias probióticas para profilaxia e tratamento de doenças gastrointestinais. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 29, n. 1, p. 83–104, 15 jul. 2008.