

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

**JÉSSIKA DARC FERNANDES ZIMERMANN
JULIANA CARDOSO CAMARGO BOGADO DA ROSA**

**ESTIMATIVA DA VIDA DE PRATELEIRA DO CAMBUCI
(*Campomanesia phaea*) LIOFILIZADO EM PÓ ARMAZENADO EM
FILMES FLEXÍVEIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PONTA GROSSA

2016

JÉSSIKA DARC FERNANDES ZIMMERMAN
JULIANA CARDOSO CAMARGO BOGADO DA ROSA

ESTIMATIVA DA VIDA DE PRATELEIRA DO CAMBUCI
(*Campomanesia phaea*) LIOFILIZADO EM PÓ ARMAZENADO EM
FILMES FLEXÍVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos, do Departamento de Tecnologia em Alimentos, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Maria Carolina de Oliveira Ribeiro

Coorientadora: Prof.^a Dr.^a Denise Milléo Almeida

PONTA GROSSA

2016



TERMO DE APROVAÇÃO

ESTIMATIVA DA VIDA DE PRATELEIRA DO CAMBUCI (*Campomanesia phaea*) LIOFILIZADO EM PÓ ARMAZENADO EM FILMES FLEXÍVEIS

Por

JÉSSIKA DARC FERNANDES ZIMERMANN
JULIANA CARDOSO CAMARGO BOGADO DA ROSA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado no dia vinte e três de novembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos. As candidatas foram argüidas pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof.^a Dr.^a Maria Carolina de Oliveira Ribeiro
Prof.^a Orientadora.

Prof.^a Dr.^a Denise Milléo Almeida
Membro titular.

Prof.^a Dr.^a Maria Helene Giovanetti Canteri
Membro titular.

- A Folha de Aprovação assinada encontra-se arquivada na Secretaria Acadêmica -

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer primeiramente a Deus, por nos ter dado a força necessária para superar os obstáculos e manter-nos firmes durante essa jornada e aos nossos familiares pela compreensão nos momentos de ausência e o apoio fundamental nas horas mais difíceis; às nossas orientadoras Prof.^a Maria Carolina de Oliveira Ribeiro, pelo incentivo e confiança em nós depositada para dar continuidade ao estudo por ela iniciado e pelas correções deste trabalho; e Prof.^a Denise Milléo Almeida, pela solicitude e disponibilidade a qualquer tempo para nos orientar, contribuindo de sobremaneira para a realização dos trabalhos; aos demais professores do Departamento de Alimentos da UTFPR, que nos deram durante a realização do projeto sugestões fundamentais para que conseguíssemos elaborar este trabalho; aos colegas e servidores da UTFPR que estiveram conosco durante esta caminhada e nos auxiliaram direta ou indiretamente até o término dos trabalhos; e à disponibilidade do câmpus Ponta Grossa, sua estrutura laboratorial e acadêmica, imprescindíveis para o desenvolvimento dos estudos.

RESUMO

ZIMERMANN, Jéssika D. F.; ROSA, Juliana C. C. B da. Estimativa da vida de prateleira do cambuci (*Campomanesia phaea*) liofilizado em pó armazenado em filmes flexíveis. 2016. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Tecnologia em Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

O cambuci (*Campomanesia phaea*) é uma fruta endêmica da mata atlântica, pertencente a família das Mirtáceas, encontrada principalmente no litoral de São Paulo. Apresenta baixo pH e elevada acidez, importantes para a industrialização. As frutas e os vegetais possuem um elevado teor de umidade, considerados alimentos muito perecíveis. Dentre os métodos de conservação de frutas, a desidratação destaca-se, uma vez que a atividade de água dos alimentos é um dos fatores que mais influenciam na deterioração desse tipo de produto. O objetivo deste trabalho foi estimar a vida de prateleira do cambuci liofilizado em pó obtido por método de *foam mat* armazenado em filmes flexíveis. Para tal, foi obtida uma espuma estável através da adição de 2% de pectina, 3% de Emustab® e 3% de Super Liga Neutra® à polpa de cambuci. A espuma estável foi inserida no ultrafreezer, onde permaneceu por 24 horas a temperatura de -75 °C. A liofilização foi conduzida em um liofilizador de bancada, a -50 °C por 66 horas a pressão 83μHg. O cambuci *in natura* e o liofilizado em pó foram submetidos a análises físico-químicas. Foram avaliadas as isotermas de adsorção do cambuci liofilizado em pó, estabelecidas em temperatura de 20 °C±1°C. As amostras foram mantidas em frascos hermeticamente fechados, contendo solução de ácido sulfúrico, em 10 concentrações diferentes. A estimativa de vida de prateleira foi baseada nas isotermas de adsorção, bem como na taxa de permeabilidade ao vapor de água e na permeabilidade ao vapor de água dos filmes de polipropileno e polietileno de baixa densidade. O cambuci liofilizado em pó concentrou a maioria dos componentes verificados nas análises físico-químicas. O produto desidratado obteve umidade de equilíbrio de 18,37%, apresentando isotermas do tipo III. O PP e PEBD com o cambuci liofilizado em pó alcançaram vida de prateleira de 4,4 e 6,0 meses, respectivamente. Conclui-se que o processamento do cambuci por liofilização preservou as propriedades físico-químicas da fruta *in natura*. O cambuci liofilizado em pó apresentou alta higroscopicidade, os equilíbrios atingidos entre os tempos mínimos e máximos de 6 a 40 dias. Verificou-se que o PEBD é melhor opção para o acondicionamento do cambuci liofilizado em pó.

Palavras-chave: Cambuci. *Foam mat*. Isotermas de adsorção. Vida de Prateleira

ABSTRACT

ZIMERMANN, Jéssika D. F .; ROSA, Juliana C.C.B. Estimated shelf life of cambuci (*Campomanesia phaea*) powder lyophilized stored in flexible films. 2016. 41 f. Course Conclusion Work (Food Technology Course), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2016.

Cambuci (*Campomanesia phaea*) is an endemic fruit of the Atlantic forest, belonging to the family Myrtaceae, found mainly on the coast of São Paulo. It has low pH and high acidity, important for industrialization. Fruits and vegetables have a high moisture content, which are considered very perishable foods. Among the fruit conservation methods, dehydration stands out, since the water activity of the food is one of the factors that most influence the deterioration of this type of product. The objective of this work was to estimate the shelf life of powdered lyophilized cambuci obtained by foam mat method stored in flexible films. For this, a stable foam was obtained by the addition of 2% pectin, 3% Emustab® and 3% Neutral Super-alloy® to the cambuci pulp. The stable foam was placed in the ultra-freezer, where it remained for 24 hours at -75 ° C. Lyophilization was conducted in a bench-freeze-dryer at -50 ° C for 66 hours at 83 µHg pressure. The cambuci in natura and the freeze-dried powder were submitted to physico-chemical analysis. The adsorption isotherms of powdered lyophilized cambuci, established at a temperature of 20 °C ± 1 °C, were evaluated. The samples were kept in sealed bottles containing sulfuric acid solution in 10 different concentrations. Shelf life estimation was based on the adsorption isotherms as well as on the water vapor permeability rate and the water vapor permeability of polypropylene and low density polyethylene films. The powdered lyophilized cambuci concentrated the majority of the components verified in the physical-chemical analyzes. The dehydrated product obtained equilibrium moisture of 18.37%, presenting type III isotherms. The PP and LDPE with the powdered lyophilized cambuci reached shelf life of 4.4 and 6.0 months, respectively. It is concluded that the cambuci processing by lyophilization preserved the physical-chemical properties of the fruit in natura. The freeze-dried powder cambuci presented high hygroscopicity, the equilibria reached between the minimum and maximum times of 6 to 40 days. It found that LDPE is the best option for the packaging of cambuci lyophilized powder.

Keywords: Cambuci. Foam mat. Adsorption isotherms. Shelf Life

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS E ABREVIATURAS

ASTM	American Society for testing and materials
ATT	Acidez total titulável
Aw	Atividade de água
b.s.	Base seca
GAB	Guggenheim – Anderson – de Boer
IUCN	International Union for Conservation of Nature
PEBD	Polietileno de baixa densidade
PP	Polipropileno
PVA	Permeabilidade ao vapor de água
SP	Unidade da Federação – São Paulo
SST	Sólidos solúveis totais
TPVA	Taxa de permeabilidade ao vapor de água
UR	Umidade relativa
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 OBJETIVOS	11
2.1 GERAL	11
2.2 ESPECÍFICOS	11
3 REFERENCIAL TEÓRICO	12
3.1 CAMBUCI.....	12
3.2 SECAGEM	12
3.2.1 <i>Foam mat</i>	13
3.2.2 Liofilização	14
3.3 ISOTERMAS.....	15
3.4 EMBALAGENS FLEXÍVEIS	16
3.5 VIDA DE PRATELEIRA.....	17
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	18
4.1 MATERIAIS	18
4.2 OBTENÇÃO DO CAMBUCI EM PÓ PELO MÉTODO <i>FOAM MAT</i>	18
4.2.1 Preparo das Espumas	18
4.2.2 Obtenção do Cambuci Liofilizado em Pó.....	19
4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	20
4.3.1 Determinação da Acidez Total Titulável (ATT).....	20
4.3.2 Determinação do Ácido Ascórbico.....	20
4.3.3 Determinação da Atividade de Água (<i>Aw</i>).....	21
4.3.4 Determinação das Cinzas.....	21
4.3.5 Determinação do pH.....	21
4.3.6 Determinação Sólidos Solúveis Totais (SST).....	21
4.3.7 Umidade	22
4.4 ISOTERMA DE ADSORÇÃO DE UMIDADE	23
4.5 TAXA DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (TPVA) E PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (PVA)	25
4.6 ESTIMATIVA DA VIDA DE PRATELEIRA DO CAMBUCI LIOFIZADO EM PÓ.....	26
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA E DO CAMBUCI LIOFILIZADO PÓ	27
5.2 ISOTERMAS DE ADSORÇÃO DE UMIDADE	30
5.3 TAXA DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA E PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA.....	33
5.4 ESTIMATIVA DA VIDA DE PRATELEIRA	34
6 CONCLUSÕES.....	36
REFERÊNCIAS	37

1 INTRODUÇÃO

O cambuci (*Campomanesia phaea* (O. Berg.) Landrum) sendo uma fruta endêmica da mata atlântica, pertencente a família das Mirtáceas e encontrada principalmente no litoral de São Paulo. A florescência ocorre entre agosto e novembro, e seus frutos apresentam maturação entre os meses de janeiro e fevereiro. Pode florescer em outras localidades como nos estados de Minas Gerais e Rio de Janeiro, no entanto em menores proporções (VALLILO et al., 2005).

Apesar da difusão de algumas práticas para conservação do cambuci, como o programa de conservação e restauração da diversidade no estado de São Paulo, o fruto faz parte da categoria vulnerável da lista vermelha de espécies ameaçadas de extinção, *International Union for Conservation of Nature* (IUCN, 2015), devido à exploração predatória de sua madeira e o desmatamento da Mata Atlântica (KAWASAKI; LANDRUM, 1997).

Dentre os métodos de conservação de frutas, a desidratação destaca-se, uma vez que a atividade de água dos alimentos é um dos fatores que mais influenciam na deterioração desse tipo de produto. O *foam mat* é dos métodos de desidratação mais simples. Nele, o produto é transformado em uma espuma estável através da adição de espessantes e emulsificantes, depois desidratado e, por fim, triturado para obtenção do pó. Cada vez mais a indústria de alimentos tem utilizado produtos alimentícios em pó, pois além da redução dos custos com embalagem, armazenamento e transporte, esse método proporciona sabor diferenciado da fruta *in natura* originando um novo produto no mercado (SOARES, 2009).

A liofilização como método de desidratação consiste na retirada da água do produto, previamente congelado, mediante sublimação a baixas pressões. Desta forma, a liofilização gera alimentos menos degradados, comparado aos demais métodos de desidratação, promovendo pequena perda de aroma e sabor (TERRONI et al., 2013; MUJUMDAR, 1995).

As isotermas de adsorção de umidade podem sanar muitos problemas de processamento e estocagem de alimentos e produtos alimentícios, podendo destacar a predição do tempo de secagem; da vida de prateleira em uma determinada embalagem e dos requisitos básicos necessários para que se possa embalar um produto; por meio da caracterização de um produto, no equilíbrio, quando o mesmo possui componentes de atividades de água (A_w) diferentes (PENA; RIBEIRO; GRANDI, 2000).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a estimativa da vida de prateleira do cambuci liofilizado em pó obtido por método de *foam mat* armazenado em filmes flexíveis.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir cambuci liofilizado em pó pelo método *foam mat*;
- Avaliar a composição físico-química do cambuci *in natura* e liofilizado em pó;
- Determinar o comportamento higroscópico do cambuci liofilizado em pó, mediante as isotermas de adsorção de umidade;
- Determinar taxa de permeabilidade ao vapor de água e permeabilidade ao vapor de água do polietileno de baixa densidade (PEBD) e do polipropileno (PP); e
- Determinar a estimativa de vida de prateleira do cambuci liofilizado em pó através de modelo matemático.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 CAMBUCI

A *Campomanesia phaea* é uma espécie típica da Mata Atlântica conhecida popularmente como “cambuci” ou “cambucizeiro” (VALLILO et al., 2005; LORENZI, 1992). Inclui-se na mesma família desse fruto a jabuticaba, a goiaba, a pitanga e a uvaia dentre outras (BISI et al., 2014).

Em função da variação da localização dos cultivares, de áreas de serra até próximas ao nível do mar, os frutos podem ter tamanhos e constituição química diferente (BIANCHINI et al., 2015).

O nome Cambuci, que significa panela de barro em tupi-guarani, é devido à semelhança da forma do fruto com a panela fabricada por este grupo indígena. Os frutos possuem coloração verde, casca fina, aroma cítrico levemente adocicado (KAWASAKI; LANDRUM, 1997). Suas principais estruturas são casca, polpa e sementes (VALLILO et al., 2005).

Historicamente, o cambuci é utilizado como componente de bebidas alcoólicas desde os tempos da colonização, quando colonizadores o deixavam em infusão em cachaça, tendo em vista que durante o processamento aroma e sabor são mantidos (MATHIAS; ANDRADE, 2011). Além da produção de licores, podem ser processados como compotas, bebidas estilo “ice”, sorvete e na culinária paulista (REVISTA RURAL, 2014).

Segundo Andrade, Aragão, Ferreira (1993), o araçá-pera, assim como o cambuci, apresenta baixo pH e elevada acidez, características importantes para a industrialização. O sabor da polpa pode ser acentuado devido ao alto teor de acidez, que ocasiona um fator de diluição elevado na formulação de sucos, promovendo maior rendimento industrial.

3.2 SECAGEM

A secagem é um dos métodos mais antigos utilizados pelo homem para conservar os

Alimentos; uma técnica com princípio de remover a água, ou qualquer líquido, de um material sólido, auxiliando, dessa forma, na redução da atividade de água. A diminuição desse parâmetro inibe o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009; RONCHETI, 2014).

As frutas e os vegetais possuem um elevado teor de umidade, sendo considerados alimentos muito perecíveis. Consequentemente, a técnica de secagem proporciona a redução dos custos em transporte e processamento do produto, bem como o prolongamento da sua vida de prateleira (CANO-CHAUCA et al., 2004).

A secagem comum com temperaturas elevadas ou a secagem a vácuo sem prévio congelamento podem gerar algumas modificações indesejáveis como a concentração pronunciada dos produtos sólidos; a migração de sólidos solúveis para a superfície durante a secagem; a desnaturação de proteínas; a perda de compostos voláteis; a formação das camadas duras e impermeáveis na superfície; a dificuldade de reidratação posterior devido aos fatores anteriormente citados (GAVA; SILVA; FRIAS, 2009).

3.2.1 *Foam mat*

A técnica *foam mat* surgiu na década de 1950 e, tecnicamente, significa secagem em leito de espuma, desenvolvida por Morgan e colaboradores na Califórnia, Estados Unidos, sendo patenteada em 1961. É um processo que proporciona rápida secagem de alimentos líquidos, como suco de frutas, bem como de produtos pastosos como purê e polpas de frutas (MARQUES, 2009).

O método *foam mat* é utilizado no processamento de alimentos líquidos ou semi-líquidos, através da adição de agente emulsificante/estabilizante e a incorporação de ar em sua estrutura, formando uma espuma estável (CARNEIRO, 2008). Essa espuma é submetida à secagem até que o desenvolvimento de microrganismos, reações químicas e/ou enzimáticas estejam limitados. A técnica consiste basicamente de três etapas: produção do suco ou polpa em forma de uma espuma estável; secagem da espuma até desidratação estável; desintegração da massa seca em escamas e, por fim, o pó (TRAVAGLINI; AGUIRRE; SIQUEIRA, 2001). Além de ser um processo relativamente rápido, obtêm-se produtos de boa qualidade (BERISTAIN et al., 1991).

Destaca-se como a maior desvantagem dessa técnica, comparada a outros meios de secagem, a necessidade de uma grande área de superfície a fim de atender a altas produções, elevando dessa maneira o custo de investimento (FRANCIS, 2000).

3.2.2 Liofilização

Também denominada de criodesidratação ou criosecagem, a liofilização é um processo diferenciado de secagem, uma vez que acontece em condições particulares de pressão e temperatura, permitindo que a água congelada passe diretamente ao estado gasoso, sem passar pelo estado líquido. Sendo assim, ocorre sublimação, objetivando estabilizar produtos através da redução da atividade de água (GARCIA, 2009).

A liofilização é um método misto, utilizando da congelação e da desidratação. Pode ser um processo de custo mais elevado, mas tem como vantagem a pouca redução do peso do alimento, além deste ficar inteiramente seco e ter suas características nutritivas e sensoriais praticamente intactas após sua reidratação (EVANGELISTA, 2005).

A liofilização é um processo que consiste em três etapas: congelamento, secagem primária e secagem secundária. O congelamento dos alimentos, etapa inicial da liofilização, é considerada a mais importante, pois o desempenho global da liofilização depende dessa. Nessa fase, as soluções aquosas dos alimentos são transformadas em uma mistura de duas fases: cristais de gelo e solução concentrada dos solutos. O produto final pode ser afetado pelo tipo e velocidade de congelamento, pois a organização dos poros no alimento está sujeita ao tamanho e a localização dos cristais de gelo formados. Caso haja geração de cristais de gelo grandes, constituindo uma rede cristalina, forma-se uma boa estrutura porosa, que otimiza o escape do vapor de água e entrada da água em sua posterior reidratação (RODRIGUES, 2011).

A maior retirada do conteúdo de água ocorre na secagem primária. Com a adição de calor e vácuo, a água é retirada por sublimação. Ocorre um fenômeno que permite que a temperatura do alimento congelado decresça, quando as moléculas passam do estado sólido ao gasoso e uma parte do calor latente de sublimação é consumida. O final da secagem primária é atingido pelo aumento da temperatura do produto num valor próximo ao do ambiente. Pode também ser identificado quando desaparece a interface entre camada seca e camada congelada (ORDÓÑEZ, 2005).

A secagem secundária ocorre após a eliminação total do gelo do alimento, porém uma parcela de água líquida continua sendo retida pelo alimento. O teor de umidade tem que ser reduzido de 2 a 8%, por evaporação ou dessoração para que o produto fique estável. Pode-se conseguir tal comportamento mantendo o alimento parcialmente seco no liofilizador de 2 a 6 horas e aquecendo-o até atingir a temperatura da placa, conservando o vácuo, conseqüentemente, evaporando grande parte da água residual (ORDÓÑEZ, 2005).

3.3 ISOTERMAS

O conteúdo de água e a interação com os outros componentes do alimento interferem consideravelmente suas estabilidades física, química e microbiológica (SABLANI et al., 2007). A água disponível para as reações em alimentos é definida como a relação entre a pressão de vapor de um alimento com relação à pressão de vapor da água pura. Quando alimentos higroscópicos entram em contato com uma atmosfera sob condições de temperatura e umidade relativa constante atingem a umidade de equilíbrio. Esse equilíbrio acontece quando a pressão de vapor da água na superfície do alimento se iguala à pressão de vapor da água do ar que o envolve (TONELI, 2006; TREYBAL, 1963).

A isoterma de sorção é a relação não linear entre o teor de umidade de equilíbrio e a umidade relativa, a certa temperatura. Desse modo, conforme o alimento eleva seu conteúdo de água também aumentará sua atividade de água, o mesmo ocorrendo para o comportamento inverso (UBOLDI EIROA, 1981).

O desempenho tecnológico e a qualidade de um produto podem ser avaliados por diferentes fatores, sendo a sorção de umidade o parâmetro mais expressivo (CHIRIFE; BUERA, 1994; VILADES et al., 1995). Algumas informações essenciais para o processamento, bem como para estimativa de qualidade e estabilidade durante a estocagem de produtos em pó são fornecidas pela análise das isotermas de sorção de umidade (PAVAN; SCHMIDT; FENG, 2012).

Conhecendo as isotermas de sorção, podem ser previstas as interações entre a umidade e os demais componentes dos alimentos, especificamente os em pó. A importância desta ferramenta influencia vários processos como a desidratação, estocagem e armazenamento, onde se calcula o tempo de secagem, estima-se o comportamento dos ingredientes após serem misturados sendo possível modelar as mudanças na umidade durante

a estocagem e medir a estabilidade na vida de prateleira, especialmente para os produtos em pó (LOMAURO; BAKSHI; LABUZA, 1985).

3.4 EMBALAGENS FLEXÍVEIS

Devido ao baixo preço e suas várias aplicações, inúmeras embalagens plásticas flexíveis e com diferentes tipos de barreira estão disponíveis no mercado. Um dos plásticos mais utilizados por ser mais versátil e barato é o polietileno, pois apresenta resistência e flexibilidade (ARLINDO; QUEIROZ; FIGUEIREDO, 2007).

Dentre as propriedades do polietileno de baixa densidade destaca-se sua alta resistência ao impacto, alta flexibilidade e a baixa permeabilidade a água, quando comparada a outros polímeros. Apesar de oferecer uma boa barreira contra umidade possui uma permeabilidade a gases reativamente alta, sensibilidade a óleos e uma baixa resistência a odores. (COUTINHO et al., 2003; FELLOWS 2006).

O polipropileno é conhecido como um dos mais leves dos plásticos devido a sua densidade baixa, das propriedades evidencia-se as seguintes: estabilidade térmica, barreira à umidade, resistência ao impacto, resistência à oxidação entre outras (LOS, 2014).

3.5 VIDA DE PRATELEIRA

A determinação da vida de prateleira é fundamental para o desenvolvimento de novos produtos, essa pode ser definida como o período decorrido entre a produção e a embalagem do produto até o ponto que este se torna inaceitável ao consumo (ELLIS, 1996).

A embalagem é um dos fatores mais importantes de todas as operações de processamento de alimentos, entre eles, produtos alimentícios liofilizados, uma vez que o teor de umidade desses alimentos deve-se manter baixo, pois influencia diretamente sua qualidade (GAVA, 2009). Produtos liofilizados quando corretamente embalados apresentam uma vida de prateleira maior que 12 meses. A taxa de deterioração é determinada pela temperatura de estocagem e pela atividade de água do alimento em pó. Alterações nesses alimentos podem ser evitadas quando armazenados em embalagem com barreira a umidade (FELLOWS, 2006).

A vida de prateleira produtos em pó em uma determinada embalagem, levando em consideração que a absorção de umidade seja a maior causa da perda da qualidade, está relacionada à barreira proporcionada pelo material da embalagem. (ALVES; BORDIN, 1998).

Por meio de modelos matemáticos que necessitam de uma caracterização de um sistema constituído pelo alimento, embalagem e ambiente de estocagem, é possível avaliar a durabilidade de um alimento. Para tal avaliação, é importante conhecer o mecanismo de degradação do produto, os efeitos dos fatores extrínsecos, bem como as propriedades da embalagem como taxas de permeabilidade, propriedades mecânicas, selabilidade, entre outras (ITO, 2016).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados cambucis oriundos do Sítio do Bello, Paraibuna, SP, colhidos na mesma propriedade em árvores aleatórias, entre os meses de fevereiro e março de 2016. Os frutos foram levados ao Laboratório de Vegetais da UTFPR, Câmpus Ponta Grossa, em caixas isotérmicas com dióxido de carbono solidificado (gelo seco), mantidos em refrigeração até sua utilização. Para o processamento por *foam mat*, os cambucis foram lavados, descascados e processados em polpa com auxílio de mixer doméstico (Black & Decker, SB40T). A polpa foi fracionada, acondicionada em recipientes de polipropileno com tampa e congelada em *freezer* doméstico.

Para a formação e fixação das espumas, foram utilizados os seguintes aditivos adquiridos no comércio de Castro, PR: pectina cítrica; Emustab® (Duas Rodas Industrial Ltda, Jaraguá do Sul, SC) composto de monoglicerídeos de ácidos graxos destilados, sal de ácidos graxos, monoestearato de sorbitana e polioxietileno de monoestearato de sorbitana; Super Liga Neutra® (Duas Rodas Industrial Ltda, Jaraguá do Sul, SC) composto de espessante goma guar e carboximetilcelulose.

Os filmes de polipropileno (PP) e polietileno de baixa densidade (PEBD) foram obtidos no comércio de Ponta Grossa e Castro, respectivamente.

4.2 OBTENÇÃO DO CAMBUCI EM PÓ PELO MÉTODO *FOAM MAT*

4.2.1 Preparo das Espumas

À polpa de cambuci, previamente descongelada e pesada, foram adicionados 2% de pectina, 3% de Emustab® e 3% de Super Liga Neutra®. A mistura foi homogeneizada através da agitação constante em batedeira planetária Arno (Eletrônica) por 30 minutos em velocidade máxima, formando uma espuma estável.

4.2.2 Obtenção do Cambuci Liofilizado em Pó

O fluxograma para obtenção do cambuci liofilizado em pó pelo processo *foam mat* encontra-se esquematizado na Figura 1.

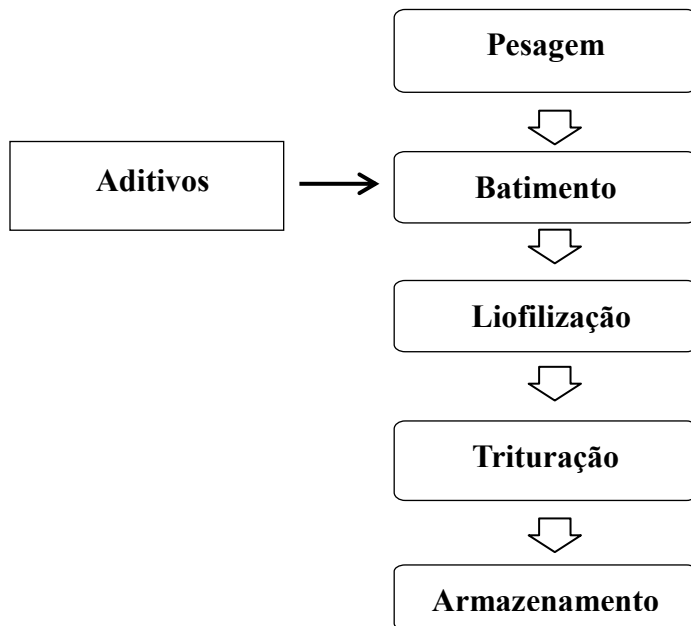


Figura 1 - Fluxograma de produção de cambuci liofilizado em pó pelo método *foam mat*
Fonte: Próprio autor

Copos plásticos descartáveis com tampas, com capacidade de 100 mL, foram preenchidos até a metade com as espumas. Este material foi inserido no ultrafreezer (Liotop, UFR 30), onde permaneceu por 24 horas, a temperatura de -75 °C. A liofilização foi conduzida em um liofilizador de bancada (Liotop, L101) a -50 °C por 66 horas a pressão 83 μ Hg.

A espuma liofilizada foi transferida para sacos plásticos e triturada manualmente, obtendo desse modo a polpa de cambuci liofilizado em pó. O produto liofilizado foi acondicionado em recipientes de vidros com tampa metálica, ao abrigo da luz, até a realização das análises.

4.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

O cambuci *in natura* e o liofilizado em pó foram submetidos a análises de acidez total titulável (ATT), ácido ascórbico, atividade de água (A_w), cinzas, pH, sólidos solúveis totais (SST). Também foi analisada a solubilidade e a umidade do produto liofilizado. Todas as análises foram realizadas em triplicata e expressas na forma de média \pm desvio padrão.

4.3.1 Determinação da Acidez Total Titulável (ATT)

As amostras foram pesadas (5g de polpa e 1g de pó) e transferidas para frascos de Erlenmeyer. Adicionou-se 100 mL de água destilada e 3 gotas de fenolftaleína. Conduziu-se a titulação com solução de hidróxido de sódio 0,1N, padronizada com bifitalato de potássio, de acordo com as Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (2008).

4.3.2 Determinação do Ácido Ascórbico

As amostras (0,5g do cambuci liofilizado em pó e 1g da fruta *in natura*) foram transferidas para erlenmeyers que continham 50 mL de solução de ácido oxálico a 1%. Foi titulado com solução ácida de Tillmans até atingir coloração rósea persistente por 15 segundos. Os resultados foram expressos em mg ácido ascórbico por 100 mL de amostra.

4.3.3 Determinação da Atividade de Água (A_w)

Para análise de atividade de água as amostras foram dispostas em cápsulas para medição e inseridas em aparelho medidor de atividade de água Aqualab (Modelo Série 4 TE), à temperatura de 24°C.

4.3.4 Determinação das Cinzas

O teor de cinzas foi determinado por gravimetria em concordância com as Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (2008).

4.3.5 Determinação do pH

O pH foi determinado segundo as Normas Analíticas do Instituto Adolf Lutz (2008). Em 100 mL de água destilada foi diluído 5g e 10 g, de pó e de polpa, respectivamente. A leitura das amostras foi realizada em phmetro de bancada (Aaker, mPA-210) previamente calibrado com as soluções tampões (4 e 7).

4.3.6 Determinação Sólidos Solúveis Totais (SST)

A determinação do SST do cambuci liofilizado em pó foi realizada através da sua diluição em água destilada (2g/100 mL) e posterior leitura em refratômetro de bancada. A polpa foi filtrada em gaze e o líquido obtido foi inserido no refratômetro, obtendo valores expressos em °Brix.

4.3.7 Determinação da solubilidade

Amostras de 1g de cambuci liofilizado em pó foram diluídas em 100 mL de água destilada e submetidas a agitação de 250 rpm por 5 minutos em incubadura de bancada com agitação orbital (Tecnal TE-420). As soluções foram centrifugadas em centrífuga de bancada (Excelsa 280 R), a 2600 rpm por 5 minutos. O sobrenadante foi transferido para placas de Petri, previamente tarados, e submetido a secagem em estufa a 70⁰ C. A solubilidade foi determinada pela seguinte equação (1):

$$Solubilidade = \frac{(m_{(pf+amostra)} - m_{(pfvazio)}) \times (100 + m_{pó})}{(m_{amostra} \times m_{pó})} \quad (1)$$

Onde,

$m_{(pf+amostra)}$ = massa da placa de Petri com a amostra do sobrenadante (g);

$m_{(pfvazio)}$ = massa da placa de Petri vazia (g);

$m_{(pó)}$ = massa de pó que foi diluída (g);

$m_{(amostra)}$ = massa da amostra do sobrenadante (g).

4.3.7 Umidade

A umidade foi determinada por técnica gravimétrica que se baseia na perda de peso das amostras submetidas à temperatura de 105°C, por 24 horas, segundo metodologia do Instituto Adolf Lutz (2008).

4.4 ISOTERMA DE ADSORÇÃO DE UMIDADE

As isotermas de adsorção foram estabelecidas em temperatura de $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, pelo método estático (MORTOLA et al., 2003). A umidade relativa (UR), de 5% a 100%, deu-se por meio de diferentes concentrações de solução de ácido sulfúrico P.A. (DITCHFIELD, 2000) conforme apresenta a Tabela 1.

Tabela 1 - Correlação entre concentração de H_2SO_4 (%) e atividade de água

Concentração de H_2SO_4 (%)	Atividade de água (A_w)
	20 °C
0	1,000
5	0,980
10	0,955
20	0,879
30	0,749
40	0,562
50	0,355
55	0,258
60	0,167
80	0,053

Fonte: Ditchfield (2000)

Amostras de cambuci liofilizado em pó foram mantidas em frascos hermeticamente fechados (Figura 2), contendo solução de ácido sulfúrico, em 10 concentrações diferentes, acondicionadas a $20\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Periodicamente foram realizadas pesagens das amostras em balança analítica (Ohaus, AR3130), até atingir a umidade de equilíbrio, ou seja, três massas constantes. Em seguida, foram levadas à estufa a $105\text{ }^{\circ}\text{C}\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$, por 24 horas. As amostras, previamente resfriadas em dessecador, foram pesadas a fim de se determinar o valor da

umidade de equilíbrio através da equação (2) (resultados expressos em g de água por 100 g⁻¹ de matéria seca).

$$X_{eq} = \frac{m_{eq} - m_s}{m_s} \quad (2)$$

Onde,

X_{eq} : umidade de equilíbrio (b. s.) (g de água por 100g⁻¹ de matéria seca)

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

m_s : massa da amostra seca (g)



Figura 2- Vidros herméticos, com diferentes concentrações de solução de ácido sulfúrico.

Fonte: Próprio autor.

Para o ajuste das isotermas, os resultados foram submetidos ao modelo matemático de GAB (Guggenheim – Anderson – de Boer), conforme a equação (3) (ALMEIDA, 2011).

$$X_{eq} = \frac{KCX_m a w}{(1 - Kaw)(1 - Kaw + CKaw)} \quad (3)$$

Onde,

X_{eq} = umidade de equilíbrio (g de água por 100 g⁻¹ de matéria seca)

K = constante de GAB relacionada à energia de interação das moléculas adsorvidas na multicamada

C = constante relacionada à energia de interação das moléculas adsorvidas na monocamada

X_m = umidade na monocamada (g de água por 100 g⁻¹ de matéria seca)

A_w = atividade de água (UR/100)

4.5 TAXA DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (TPVA) E PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA (PVA) DE FILMES FLEXÍVEIS

A determinação da taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) foi realizada por gravimetria pelo método padrão da norma da *American Society for testing and materials* - ASTM E96-00 (SARANTÓPOULOS et al., 2002). Foram utilizados dois plásticos, o polietileno de baixa densidade (PEBD) e polipropileno (PP). Estes polímeros foram aplicados sobre cápsulas de alumínio contendo 5 g de CaCl₂ (anidro) previamente dessecado em estufa a 150 °C por 24h, e vedados com silicone. As cápsulas foram acondicionadas em recipientes fechados contendo solução saturada de cloreto de sódio a temperatura de 20 °C. A permeabilidade dos filmes foi calculada através de regressão linear entre o ganho de peso (g) e o tempo (h) durante o experimento. O coeficiente angular da reta determina a quantidade de água ganho pelo tempo (tg α). A TPVA foi calculada segundo a equação (4) e expressa em g H₂O m⁻² dia⁻¹.

$$TPVA = \frac{tg\alpha}{A} \quad (4)$$

Onde,

$$TPVA = g \text{ H}_2\text{O m}^{-2}\text{dia}^{-1}$$

Tgα = coeficiente angular da reta

A = área em (m²)

Através do resultado da TPVA foi possível encontrar a permeabilidade ao vapor de água (PVA) por meio da equação (5), expressa em g H₂O mm m⁻² dia⁻¹ mmHg⁻¹.

$$PVA = \frac{100.TPVA.e}{p.URe} \quad (5)$$

Onde,

$$PVA = g \text{ H}_2\text{O mm m}^{-2} \text{ dia}^{-1} \text{ mmHg}^{-1}$$

e = espessura do filme (mm)

p = pressão de vapor de água pura na temperatura de 20 °C (17,54 mmHg)

UR_e = umidade relativa a 20 °C (75%)

4.6 ESTIMATIVA DA VIDA DE PRATELEIRA DO CAMBUCI LIOFILIZADO EM PÓ

A partir da isoterma de adsorção de umidade do produto, a taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) das embalagens de PP e PEBD e as condições de estocagem foi possível estimar, por meio de modelo matemático, conforme a equação (6), a vida de prateleira do cambuci liofilizado em pó de acordo com o ganho de umidade (ALVES; BORDIN, 1998).

$$t = \frac{Ms \cdot UR_e / 100}{100 \cdot A \cdot TPVA} \int_{U_0}^{U_c} \frac{dU}{\frac{UR_e}{100} - Aa(U)} \quad (6)$$

Onde,

t = estimativa de tempo de vida de prateleira (dias)

M_s = massa seca do produto (g)

UR_e = umidade relativa do ambiente de estocagem (75%)

A = área da embalagem (m^2)

$TPVA$ = taxa de permeabilidade ao vapor d'água do material ($\text{g água m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$)

$Aa(U)$ = atividade de água do produto em função do conteúdo de umidade, que é a isoterma de sorção de umidade do produto

U_0 = umidade inicial do produto (% base seca)

U_c = umidade crítica do produto (% base seca)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA POLPA E DO CAMBUCI LIOFILIZADO EM PÓ

O resultado encontrado para ATT para polpa foi 3,28%, o que atesta sua elevada acidez (Tabela 2). Este resultado está de acordo com os encontrados por Bianchini et al. (2016) que avaliou diferentes acessos de cambucizeiros e encontrou valores entre 3,03 e 3,48% para ATT. Resultado próximo a este foi relatado por Silva et al. (2012), que caracterizou variedades de cambuci, tendo acidez total titulável entre 2,55 e 5,76 g de ácido cítrico em 100 gramas. Vallilo et al. (2005) ao comparar vários frutos da família Myrtaceae, verificou 3% de ácido cítrico no cambuci, superando os teores de outras espécies da mesma família.

Tabela 2 Parâmetros físicos e químicos do cambuci *in natura* e liofilizado em pó

Parâmetro	Cambuci <i>in natura</i>	Cambuci liofilizado em pó
ATT (g de ácido cítrico/100g)*	3,28 ± 0,01	17,38 ± 0,13
Ácido ascórbico (mg/100mL)*	83,86 ± 2,14	562,40 ± 0,00
Atividade de água *	0,9857 ± 0,01	0,2330 ± 0,01
Cinzas(%) *	0,33 ± 0,00	1 ± 0,00
pH *	2,50 ± 0,01	2,37 ± 0,03
SST (°Brix) *	8,93 ± 0,11	13,21 ± 0,23
Solubilidade (g/mL) *	-	0,95 ± 0,01
Umidade (%) *	88,57 ± 0,51	5,73 ± 0,11

*Resultados expressos na forma de média ± desvio padrão

A ATT do cambuci liofilizado em pó (17,38%) aumentou consideravelmente comparada à polpa fresca, resultado esperado devido à concentração da acidez. Considerando esta uma característica relevante para a conservação do produto, uma vez que inibe o desenvolvimento de microrganismos indesejáveis. Machado (2015) também relata o aumento da acidez de frutas liofilizadas ao analisar pó de caju, goiaba, graviola e manga, 2,02%, 3,07%, 5,30% e 3,31%, respectivamente. O cambuci liofilizado em pó apresentou ATT aproximadamente cinco vezes maior do que na fruta *in natura*.

A quantidade de ácido ascórbico (vitamina C) encontrada na polpa de cambuci foi 83,86 mg/100g, valor superior a dose diária recomendada pela legislação brasileira (BRASIL, 1998). Este resultado está próximo aos observados por Bianchini et al. (2016), que ao analisar 58 acessos de cambucizeiros de diferentes locais da Mata Atlântica e da Serra do Mar paulista verificaram em alguns dos acessos pesquisados valores entre 80,44 a 89,90 mg/100g. Oliveira et al. (2013) encontraram 58,04 mg/100g no cambuci. Silva et al. (2012) encontraram valores inferiores a este para quantidade de vitamina C em diferentes variedades de cambuci, encontrando teores entre 13,05 e 47,38g /100g. O ácido ascórbico, proporcionalmente, foi o parâmetro com maior concentração com o *foam mat*. A retenção do ácido ascórbico é utilizada como um indicador de qualidade nutricional durante o processamento e armazenamento de alimentos, uma vez que é a vitamina mais instável quimicamente (FENNEMA et al., 2008). Soares (2001) também observou diferença na quantidade de vitamina C da polpa de acerola (1,62%) comparada ao seu pó (15,16%). Inversamente, Breda et al. (2013), relatou uma redução da vitamina C em polpas de cajamanga em pó; a polpa da fruta apresentou 37,79 mg/100g de ácido ascórbico e o pó da fruta, dentre quatro diferentes formulações, com valores entre 5,24 mg/100g e 10,79 mg/100g. Os valores encontrados na literatura supracitada estão relacionados com produtos obtidos por desidratação em estufa, diferentemente da liofilização que preserva substâncias termossensíveis, como a vitamina C.

O valor de A_w encontrado na polpa (0,9857) foi elevado, semelhante ao valor encontrado por Silva et al. (2012), variando entre 0,97 e 0,98, em diferentes variedades de cambucizeiros. Polpas de fruta como o araçá boi (0,994), pesquisado por Soares (2009), e pitanga avaliada por Lopes (2005), também apresentaram A_w próxima a do cambuci. A A_w está intrinsecamente relacionada à conservação dos alimentos. Segundo Gava (2008), alimentos com atividade de água inferior a 0,6 são microbiologicamente estáveis. O cambuci liofilizado em pó apresentou baixa A_w (0,2330). Valores semelhantes foram encontrados por Dantas (2010) em abacaxi e manga desidratados, de 0,238 e 0,264, respectivamente. Valores de A_w inferiores a 0,3 atingem a zona de absorção primária, na qual as moléculas de água estão intensa-

mente ligadas ao alimento, sem capacidade para serem utilizadas para dissolver componentes do alimento, o que leva as reações terem velocidade próximas a zero e sem desenvolvimento de microrganismos (CELESTINO, 2010).

O conteúdo de cinzas do produto liofilizado (1,0%) apresentou aumento em relação à polpa (0,33%). Segundo Breda et al. (2013) a adição dos agentes espumantes pode ter contribuído para tal fato devido à presença de minerais na formulação dos aditivos. No entanto, o teor de cinzas do cambuci liofilizado em pó foi inferior ao encontrado por Camargo et al. (2008) em maracujá azedo desidratado (4,14%) obtido pelo método *foam mat* a 35°C. Soares et al. (2001) ao analisar acerola desidratada pelo mesmo método encontraram 3,41% de conteúdo de cinzas.

Para o potencial hidrogeniônico do cambuci o valor foi de 2,50 que condiz com os resultados de Oliveira et al. (2013) que analisaram diferentes formulações de geleia de cambuci e obtiveram valores de pH entre 2,70 e 2,73. Soares (2009) ao caracterizar o araçá boi, fruta da mesma família do cambuci, encontrou valores médios de pH 2,71. Alimentos com alto teor de acidez são menos propensos a alterações provocadas pela secagem (CELESTINO, 2010). O valor do pH cambuci liofilizado em pó (2,37), diferentemente dos outros parâmetros, sofreu uma pequena redução em relação à polpa. Observou-se uma diferença pequena entre os resultados, podendo considerá-los equivalentes. O valor obtido fica próximo de valores descritos na literatura. Soares (2001) encontrou pH de 3,22 para acerola desidratada feita a 70 °C. Dantas (2010) encontrou pH igual a 4,43 para o pó de abacaxi pelo método *foam mat* obtido a 70 °C.

O valor do SST da polpa do cambuci foi de 8,93 °Brix, resultado semelhante ao verificado por Oliveira et al. (2013), que analisaram a polpa de cambuci, encontrando valores entre 8,5 e 8,9° Brix. Diferentemente de Andrade et al. (1993) que ao caracterizarem araçá-pera revelaram valores superiores (11°Brix). O SST do cambuci liofilizado em pó (13,21°Brix) foi maior do que o encontrado na polpa (8,93°Brix).

Segundo Bezerra (2003) classificam-se como produtos vegetais perecíveis aqueles que apresentam 50 a 90% de umidade, o que ocasiona sua rápida alteração. Desta forma, o cambuci caracteriza-se como uma fruta altamente perecível, uma vez que o teor de umidade determinado no fruto *in natura* foi 88,57%. Estes valores estão próximos aos valores encontrados por Sanches (2013), entre 85,6% e 88,8%, em cambucis provenientes de regiões distintas. Da mesma forma, Andrade, Aragão e Ferreira (1993), caracterizaram araçá-pera como um fruto suculento, com um teor de umidade de 85,85%.

A umidade residual presente na fruta liofilizada (5,73%) é inferior à verificada por Soares et al. (2001) que determinou teor de 7,24% em pó de acerola. O teor de umidade da polpa de maracujá em pó (5,98%), apurado por Silva (2015), foi muito próximo ao valor encontrado no presente estudo.

A capacidade do pó para manter-se em uma mistura homogênea com água pode ser verificada pela solubilidade (MAIA; GOLGHER, 1983 apud VISSOTO et al., 2006). Segundo Caparino et al. (2012) a solubilidade é o critério mais confiável para avaliar o comportamento do pó em solução aquosa. O cambuci liofilizado em pó apresentou boa solubilidade (95%), em conformidade com outros ensaios já realizados, podendo ser diretamente comparado ao valor encontrado por Silva (2015) em maracujá em pó (94,44%). Machado, Gurgel e Medeiros (2015) encontraram em pós de caju, goiaba, graviola e manga, solubilidade de 86,88%, 72,08%, 83,77% e 70,60%, respectivamente.

5.2 ISOTERMAS DE ADSORÇÃO DE UMIDADE

As isotermas de adsorção de umidade mostram a relação entre o conteúdo de umidade de equilíbrio do cambuci liofilizado em pó em relação a sua atividade de água em temperatura de 20 °C. As isotermas forneceram informações sobre a hidrofiliicidade do cambuci em pó sob diferentes valores de umidade relativa, entre 5,3% a 100%. O modelo de Guggenheim – Anderson - de Boer (GAB) apresentou 0,91 de coeficientes de correlação e uma variância explicada de 82%, indicando significativa a representação e confiabilidade dos dados (Tabela 3).

Tabela 3- Parâmetro de ajuste do modelo GAB para as isotermas de adsorção a água de cambuci liofilizado em pó, a temperatura de 20 °C e o coeficientes de determinação (R^2)

Modelo matemático de ajuste	K	X_m	R^2	Variância explicada (%)
GAB	0,9390	9,4079	0,91	82

NOTA - GAB = Guggenheim – Anderson - de Boer; X_m = umidade na monocamada (g de água/100 g⁻¹ de matéria seca); K = constante relacionada à energia de interação das moléculas adsorvidas na multicamada. A tabela apresenta as médias das triplicatas.

Na Figura 3 estão demonstradas as isotermas de adsorção do cambuci liofilizado em pó segundo ajuste pelo modelo de GAB, no qual se observa um acréscimo da umidade de equilíbrio com a ampliação da atividade de água (A_w), desempenho característico típico de isotermas do tipo III (MOREIRA et al., 2013). Segundo Ordóñez (2005), as curvas que apresentam uma zona mais plana na sua primeira parte, ou seja, em formato de J, são típicas de produtos que têm pouca adsorção por capilaridade.

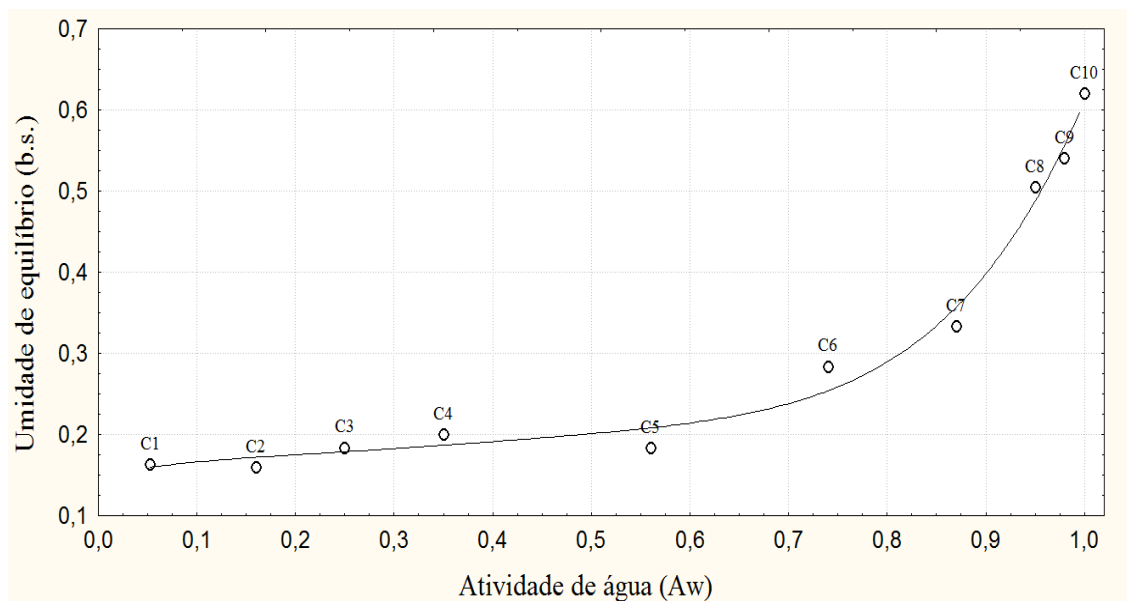


Figura 3 - Comportamento da isoterma de adsorção do cambuci liofilizado em pó segundo ajuste para modelo o GAB a temperatura de 20° C.
Fonte: Próprio autor

Com a ampliação da atividade de água a umidade de equilíbrio aumentou e o ponto crítico da isoterma foi verificado a partir das atividades de água de 0,56, onde as umidades de equilíbrio mostraram valores de 18,37% conforme a figura 3. Segundo Moura e Germer (2004) o ponto crítico de uma isoterma determina o limite da atividade de água e da umidade de equilíbrio, que acima do qual o produto acelera as suas transformações conduzindo a deterioração. Os tempos mínimos e máximos para as amostras atingirem equilíbrio higroscópico foram de 6 e 40 dias respectivamente. Já, a pitanga em pó estudada por Alexandre, Figueiredo, Queiroz (2007) atingiu seu equilíbrio higroscópico entre 2 e 30 dias, ou seja, mais higroscópica se comparada ao cambuci liofilizado em pó.

O valor da monocamada (X_m) indica a quantidade máxima de água por grama de sólido seco, que pode ser adsorvida em uma única camada e, sendo medida do número de sítios de adsorção, também identificando que a partir destes valores há início das reações químicas geradoras da deterioração dos alimentos (JENSEN et al., 2009). O conteúdo de umidade na monocamada molecular (X_m) foi de 9,4079 g de água g^{-1} de cambuci liofilizado em pó indicando maior absorção de umidade, esta é a camada primária do alimento e o seu conteúdo de água infere sobre a higroscopicidade ou afinidade por moléculas de água (CASTRO, 2003).

Conforme Goula et al. (2008) citado por Moreira et al. (2013) a quantidade de umidade na monocamada é aquela que proporciona, em determinada temperatura, maior estabilidade e perdas mínimas de qualidade do alimento; abaixo deste valor as taxas de reações de deterioração, exceto oxidação de gorduras insaturadas, são mínimas. Logo, o X_m corresponderá ao conteúdo de umidade onde o material adsorvente poderá ser mais estável. Essa informação é muito importante na indústria de alimentos para o acondicionamento e preservação do produto final com valores de umidade de equilíbrio correspondentes à monocamada molecular, o qual permitirá maximizar a vida de prateleira (ASCHERI, 1999).

O valor encontrado para o parâmetro X_m está de acordo com encontrado por Alexandre, Figueiredo e Queiroz (2007) que determinaram as isotermas de adsorção de pitanga em pó em diferentes modelos matemáticos e temperaturas. Moreira et al. (2013), ao avaliar modelos matemáticos para representação da isoterma de sorção do pó de manga encontraram valores inferiores ao do presente estudo para o parâmetro X_m , variando entre 0,1171 e 0,1360 nas temperaturas de 25 °C e 35 °C, respectivamente.

Pedro, Romero, Telis (2010) ao analisarem o efeito dos tipos de secadores nas propriedades de sorção da polpa de maracujá, encontraram valores semelhantes ao presente estudo para o parâmetro X_m . Segundo esses autores, os métodos de secagem geralmente influenciam a conduta de sorção dos alimentos.

O parâmetro K está relacionado à energia de interação das moléculas adsorvidas na multicamada do produto, sendo encontrado o valor de 0,9390. Valores de K menores que 1, são característicos de produtos alimentícios, indicando que a isoterma tende a uma assíntota em atividade igual a 1,0 (FERNANDEZ, 1995). O valor da constante K do modelo GAB representa uma medida das interações entre as moléculas do adsorvato com o adsorvente (CA-TELAM et al., 2011).

Costa et al. (2003) ao pesquisarem as isotermas de adsorção de pós de beterraba, abóbora e cenoura, desidratados em secador do tipo em leito de jorro, encontraram valores de K entre 0,7 e 1,0 e próximos aos encontrados no presente trabalho. Alexandre et al. (2007), ao

determinarem as isotermas de adsorção da pitanga em pó encontraram valores inferiores ao do presente estudo para K variando entre 0,69 e 0,89 respectivamente.

Santos, Figueirêdo e Queiroz (2004) encontraram valores próximos ao do presente estudo para o parâmetro K quando fizeram um levantamento das isotermas de adsorção de umidade nas temperaturas de 20 °C, 30 °C e 40 °C em duas formulações de farinha de mandioca compostas por diferentes proporções de tempero, e utilizaram os modelos de GAB e Oswin para ajuste dos dados experimentais da umidade de equilíbrio em função da atividade de água das amostras, os valores encontrados para o parâmetro K variaram de 0,9374 a 0,9610 respectivamente. O autor descreve que esse parâmetro é influenciado pela temperatura sendo diretamente proporcional.

5.3 TAXA DE PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA E PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA

Na tabela 4, são apresentados os resultados da taxa de permeabilidade ao vapor de água e a permeabilidade ao vapor de água, medidos nas embalagens de polipropileno e polietileno de baixa densidade.

Tabela 4- Valores da taxa de permeabilidade ao vapor de água (TPVA) e permeabilidade ao vapor de água (PVA) das embalagens de Polipropileno (PP) e Polietileno de baixa densidade (PEBD) a 20°C e 75% de UR

Embalagens	TPVA (g H ₂ O m ⁻² dia ⁻¹)	PVA* (g H ₂ O mm m ⁻² dia ⁻¹ mmHg ⁻¹)
PP	7,47	0,17
PEBD	5,32	0,16

**Nota - Espessura das embalagens de PP e PEBD foram de 0,003 e 0,004 mm, respectivamente, e utilizada para o cálculo da PVA.
Fonte: Próprio autor.**

A embalagem de polipropileno apresentou TPVA superior, quando comparada à embalagem de polietileno de baixa densidade, $7,47 \text{ g H}_2\text{O m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ e $5,32 \text{ g H}_2\text{O m}^{-2}\text{dia}^{-1}$, respectivamente (Tabela 4). A média da taxa de permeabilidade ao vapor de água, a $30 \text{ }^\circ\text{C} / 80\% \text{ UR}$, do PEBD, descrito por Alves e Bordin (1998), foi de $6,1 \text{ g H}_2\text{O m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, valor semelhante ao encontrado no presente estudo que utilizou condições experimentais diferentes. De acordo com Texeira Neto e Vitali (1996), a TPVA correspondente ao PP e ao PEBD é $11 \text{ g H}_2\text{O m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ e $15,5- 23,0 \text{ g H}_2\text{O m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, respectivamente, a $38 \text{ }^\circ\text{C}/90\% \text{ UR}$.

Os valores da permeabilidade ao vapor de água do polipropileno e do polietileno de baixa densidade apresentaram-se muito próximos, $0,17 \text{ g H}_2\text{O mm m}^{-2} \text{ dia}^{-1} \text{ mmHg}^{-1}$ e $0,16 \text{ g H}_2\text{O mm m}^{-2} \text{ dia}^{-1} \text{ mmHg}^{-1}$, respectivamente. Este parâmetro se refere ao produto do fluxo pela espessura do material de embalagem, dividido pelo gradiente de pressão de vapor entre as superfícies do material (CETEA, 1996).

Muitos fatores podem influenciar a permeabilidade dos filmes, como a integridade do filme, a relação entre as zonas cristalinas e as amorfas, a quantidade de material hidrofílico-hidrofóbico e a mobilidade das cadeias poliméricas (GARCIA; MARTINO ZARITZKY, 2000)

A limitação da vida de prateleira do cambuci liofilizado em pó ocorre principalmente pela absorção de umidade. Diante do exposto, sugere a utilização do PEBD para o acondicionamento do produto, o qual apresentou menor TPVA e PVA. Dessa forma, é possível evitar a formação de grumos e o desenvolvimento microbiano devido ao ganho de umidade.

5.4 Estimativa da vida de prateleira

Considerando o valor máximo de umidade de $18,37\%$, umidade de equilíbrio do cambuci liofilizado em pó, verificou-se quais seriam os períodos de vida de prateleira do cambuci liofilizado em pó nas duas embalagens em estudo (Tabela 5).

Tabela 5- Estimativa da vida de prateleira para o cambuci liofilizado em pó nas embalagens de PP e PEBD

Embalagem	Vida de prateleira	
	Dias	Meses
PP	131,8	4,4
PEBD	179,5	6,0

Fonte: Próprio autor.

Constatou que a vida de prateleira nas embalagens de PP e PEBD foi superior a 4 meses. No mercado nacional e internacional, encontram-se diferentes variedades de frutas liofilizadas em pó, tais como a laranja, a pitanga, a carambola, a acerola, a graviola, o morango, entre outras. As indústrias especificam um período de vida de prateleira de até 2 anos para frutas em pó acondicionadas em embalagem composta de alumínio e plástico.

Os tempos vida de prateleira estimados mostraram-se satisfatórios nos dois casos, no entanto, a embalagem de PEBD apresentou melhor desempenho. Aconselha a utilização do PEBD para prolongar a vida de prateleira do cambuci liofilizado em pó.

Vale ressaltar que os períodos de vida de prateleira estimados basearam-se somente no ganho de umidade. A título de complementação sugere que sejam feitos estudos complementares analisando a estabilidade do produto com análises periódicas físico-químicas, microbiológicas e sensoriais.

6 CONCLUSÕES

O processamento do cambuci por liofilização preservou as propriedades físico-químicas da fruta *in natura*.

Quanto às isotermas de adsorção, o cambuci liofilizado em pó apresentou alta higroscopicidade.

Com base no estudo da TPVA, da PVA e da estimativa da vida de prateleira verificou que o PEBD é melhor opção para o acondicionamento do cambuci liofilizado em pó.

O cambuci liofilizado em pó, além de resgatar a fruta que se encontra em processo de extinção, demonstrou viabilidade de utilização na indústria alimentícia.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR14724**: Informação e documentação - trabalhos acadêmicos. 3. ed. 11 p. Rio de Janeiro : ABNT. 2011. ISBN 978-85-07-02680-8. Disponível em: <<http://pt.slideshare.net/LazinhaSantos/nbr-14724-2011-nova-norma-da-abnt-para-trabalhos-acadmicos-11337543>>. Acesso em: 17 dez. 2015.
- ALEXANDRE, H. V.; FIGUEIREDO, R. M. F.; QUEIROZ, A.J. M. Isotermas de adsorção de umidade da pitanga em pó. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.7, p.11-20, 2007.
- ALMEIDA, D. M.. **Biofilme de blenda de fécula de batata e celulose bacteriana na conservação de fruta minimamente processada**. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos Agroindustriais.) – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2011. 283p.
- ALVES, R. M. V.; BORDIN, M. R; GARCIA, E. E. C. Aplicação de um modelo matemático na estimativa da vida-de-prateleira de biscoitos cream-cracker. **Coletânea Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v.26, n.1, p.89-101, 1996.
- ALVES, R. M. V.; BORDIN, M. R. Estimativa da vida útil de café solúvel por modelo matemático. **Ciência Tecnologia em Alimentos**. Campinas, v. 18, n. 1, p. 19-24, abr. 1998.
- ANDRADE, J. S.; ARAGÃO, C. G.; FERREIRA, S. A. N. **Caracterização física e química dos frutos de Araçá-Pêra (*Psidium acutangulum*)**. D. C. Acta Amazônica, v. 23, n. 2-3, p. 213- 217. 1993.
- ANDRADE, B. A. G. F.; FONSECA, P. Y. G.; LEMOS, F. **Cambuci – o fruto, o bairro, a rota: história, cultura, sustentabilidade e gastronomia**. São Paulo: Ourivesaria da Palavra, 2011. 176 p., Il.
- ARLINDO, D. M.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIREDO, R. M. F. Armazenamento de pimentão em pó em embalagem de polietileno. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 9, p. 111-118, 2007.
- ASCHELI, D. P. R. Estudo das características de adsorção de água e da estabilidade das microcápsulas de óleo essencial de laranja na seleção de material de parede. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 19, n. 3, Campinas, set./dez. 1999.
- BARUFFALDI, R. et al. **Fundamentos de tecnologia de alimentos**. São Paulo: Atheneu, 1998. 317p.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 33 de 13 de janeiro de 1998. **Fornece os princípios gerais para o estabelecimento de níveis máximos de ingestão diária em alimentos**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 16 jan. 1998 Seção I-E, p. 5.

BERISTAIN, C. I.; CORTES, R.; CASILLAS, M. A.; DIAZ, R. Obtencion de jugo de pina en polvo por el metodo desecado por espumas. **Archivos Latinoamericanos de Nutricion**, v. 41, n. 2, p. 238-245, 1991.

BEZERRA, V. S. **Pós-colheita de frutos**. Macapá: Embrapa, Amapá, 2003. 26 p.

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

BOSS, E.A. **Modelagem e otimização do processo de liofilização: aplicação para leite desnatado e café solúvel**. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas SP. 2004. 129p.

CAMARGO, P. et al. Avaliação da desidratação da polpa do maracujá azedo pelo método *foam mat*. **Anais da VI Semana de Tecnologia de Alimentos**. UTFPR. Paraná, 2008.

CANO-CHAUCA, M. et al. Curvas de secagem e avaliação da atividade de água da banana passa. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 121-132, jan./jun. 2004.

CAPARINO, O.A. et al. Effect of drying methods on the physical properties and microstructures of mango (*Philippine "Carabao" var.*) powder. **Journal Food Engineering**, v.11, p.135-148. 2012.

CARNEIRO, Diego Dias. **Desidratação de alimentos por Foam Mat Drying**. Seminário (Processamento de Alimentos). Instituto de Tecnologia, Departamento de Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2008. 9p.

CASTRO, A.G. A. **A química e a reologia no processamento de alimentos**. Lisboa: Ciência e Técnica, 2003. 295p.

CATELAM, K. T.; TRINDADE, C. S. F.; ROMERO, J. T. Water adsorption isotherms and isosteric sorption heat of spray-dried and freeze-dried dehydrated passion fruit pulp with additives and skimmed milk. **Ciência e Agrotecnologia**, v.35, p.1196- 1203, 2011.

CELESTINO, Sônia M.C. **Princípios de secagem de alimentos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2010. 51p.

CENTRO DE TECNOLOGIA DE EMBALAGENS - CETEA. **Ensaio para avaliação de embalagens plásticas flexíveis**. Campinas, 1996. 219 p.

CHIRIFE, J. ; BUERA, M. D. P. Water activity, glass transition and microbial stability in concentrated/semimoist food systems. **Journal of Food Science**, v. 59, n.5, p.921-927, 1994.

COSTA, J.M.C.; MEDEIROS, M.F.D; MATA, A.L.M.L. Isotermas de adsorção de pós de

beterraba (*Beta vulgaris* L.), abóbora (*Cucurbita moschata*) e cenoura (*Daucus carota*) obtidos pelo processo de secagem em leito de jorro: estudo comparativo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 34, n. 1, p. 5-9, 2003.

COUTINHO, F. M. B. et al. Polietileno: principais tipos, principais tipos, propriedades e aplicações. **Revista Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2003.

DE GOIS, V. A.; CAL-VIDAL, J. Water sorption characteristics of freeze dried papaya in powdered and granular forms. **Canadian Institute of Food Science Technology**, v.19, n.1, p.7-11.1986.

DITCHFIELD, C. **Estudos dos métodos para a medida da atividade de água**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. 126f.

ELLIS, M.J. **Shelf life evaluation of foods**. London: Black Academic & Professional, 1996. 321p.

EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2005.

FERNANDEZ, C.S. Isotermas de sorção em substâncias alimentares. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS, 1, 1995, Campinas. **Anais...** Campinas: FEA/UNICAMP-CYTED-SBCTA Ital, 1995.

FRANCIS, F. J. **Encyclopedia of Food Science and Technology**. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, Inc. 2000. v. 1. 2907p.

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

FENNEMA'S. **Food chemistry**. 4th ed. London: CRC, 2008.1144p.

GARCIA, L. P. **Liofilização aplicada a alimentos**. Trabalho Acadêmico (Graduação Bacharelado em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, RS, 2009. 45p.

GARCIA, M. A.; MARTINO, M. N.; ZARITZKY, N. E. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. **Journal of Food Science**, London, v. 65, n. 6, p. 941-947, 2000.

GURGEL, C. E. M. R. **Secagem da polpa de graviola (*Annona muricata* L.) em camada de espuma – Desempenho do processo e características do produto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal – RN, 2014.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas: métodos químicos e físicos para análises de alimentos**. 4. ed. São Paulo, 2008. 1020p

ITO, D. **Desenvolvimento e estabilidade de formulação de mistura em pó para o preparo de néctar de goiaba (*Psidium guajava L.*)**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2016.

KAWASAKI, M.L.; LANDRUM, L.R. A rare and potentially economic fruit of Brazil: cambuci, *Campomanesia phaea* (Myrtaceae). **Economic Botany**, v. 51, n. 4, p. 403-407, 1997.

LOMAURO, C. J.; BAKSHI, A. S.; LABUZA, T. P. Evaluation of food moisture isotherm equations. Part I: Fruit, vegetable and meat products. , **LWT - Food Science and Technology, Zurich**, v. 18, n. 2, p. 111-117, 1985.

LOPES, A. S. **Pitanga e acerola: estudo de processamento, estabilidade e formulação de néctar misto**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2005. 193p.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 252p.

LOZ, F.G.B. **Embalagens plásticas**. Notas de aula da disciplina de embalagens do 4º período do curso de Tecnologia em Alimentos. UTFPR, 2014.

MARQUES, G. M. R. **Secagem de caldo de cana em leito de espuma e avaliação sensorial do produto**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga-BA, 2009. 84f.

MATHIAS, J; ANDRADE, G.A. **Cambuci: nativa da mata atlântica, a árvore frutífera é também uma planta ornamental, mas está sob o risco de extinção**. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/0,6993,EEC1649492-4529,00.html>> Acesso em 09/08/2016.

MOREIRA, T. B. et al. Comportamento das isoterms de adsorção do pó da polpa de manga liofilizada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 10, p. 1093-1098, 2003.

MORTOLA, V. B.; MEILI, L.; PINTO, L. A. A. Determinação das isoterms de equilíbrio para cebola, gelatina e farinha de peixe: análise dos modelos de GAB, BET e Henderson. **VETOR - Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, [S.l.], v. 13, n. 2, p. 79-91, fev. 2003. ISSN 2358-3452. Disponível em: <<https://www.seer.furg.br/vetor/article/view/677>>. Acesso em: 31 ago. 2016.

MOTA, L. R. **Controle de qualidade de embalagens flexíveis para biscoitos**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação - Engenharia de Alimentos) - Universidade Católica de Goiás, Goiás, 2004.

MUJUMDAR, A. S. **Handbook of Industrial Drying**. Second edition v.1 pag.309-311, 1995

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de alimentos: Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, v. 1, 2005. 294p.

PAVAN M. A.; SCHMIDT, S. J.; FENG, H. Water sorption behavior and thermal analysis of freeze-dried, Refractance Window-dried and hot-air dried açai (*Euterpe oleracea Martius*) juice. **LWT-Food Science and Technology**, v. 48, n. 1, p. 75-81, 2012.

PEDRO, M. A. M; ROMERO, T. J.; TELIS, V. R.N. Effect of drying method on the adsorption isotherms and isosteric heat of passion fruit pulp powder. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas. 2010.

PENA, R. S.; RIBEIRO, C. C.; GRANDI, J. G. Aplicação de modelos matemáticos bi- e tri-paramétricos na predição de isotermas de adsorção de umidade do guaraná (*Paullinia Cupana*) em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.20, n.1, p.8-11, 2000.

REVISTA RURAL. **Cambuci – exótico, nativo e sustentável**. 2014. Disponível em: <<http://www.revistarural.com.br/edicoes/item/5275-cambuci-exotico-nativo-e-sustentavel>> Acesso em: 03 set. 2014.

RODRIGUES, I. **Engenharia Alimentar Processamento Geral de Alimentos “Liofilização”**, 2008. Disponível em: <<http://www.esac.pt/noronha>>. Acesso em: 22 ago. 2016.

SARANTÓPOULOS, C.G.L. et al. **Embalagens Plásticas Flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**. CETEA/ ITAL, Campinas, 2002.

SILVA, I. G. et al. Estudo de caracterização do fruto cambuci [*Campomanesia phaea* (O. Berg.) Landrum] e sua aplicação no processamento de geleia. **B.CEPPA**, Curitiba, v. 30, n. 1, p. 83-90, jan./jun. 2012.

SOUZA, L. S. **Enriquecimento com *Campomanesia phaea* (Berg.) Landr. E *Enterpe edulis Martius* em fragmentos de floresta ombrófila densa em estágio secundário**. 62f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, SP, 2011.

SOUZA, L. A. **Você sabe o que significa pH?**. Mundo Educação, 2008. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/voce-sabe-que-significa-ph-.htm>>. Acesso em 22 out. 2016.

SOARES, E. C. **Caracterização de aditivos para secagem de araçá-boi (*Eugenia stipitata* Mc Vaugh) em leito de espuma**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) – Campus de Itapetinga-BA, 2009.

SOARES, E. C. et al. Desidratação da polpa de acerola (*Malpighia emarginata D.C.*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 21, n. 2, p. 164-170, 2001.

TERRONI, H. C. et al. Liofilização. **Revista UNILAGO**, 2013.

TEIXEIRA NETO, R.O.; VITALI, A.A. **Reações de transformação e vida-de-prateleira de alimentos processados**. 2. ed. n. 6, Campinas: ITAL, 1996. 74 p. (Manual técnico).

TONELI, J. T. C. L. **Processos de separação física e secagem de inulina obtida a partir de raízes de chicória (*Cichorium intybus* L.)**. Campinas, SP: [s.n.], 2006.

TRAVAGLINI, D. A.; AGUIRRE, J. M.; SIQUEIRA, E. T. F. **Desidratação de frutas**. Campinas: CETEA/ITAL, 2001. 40 p. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000127&pid=S14137054200800060003200021&lng=pt>. Acesso em: 11 out. 2016.

TREYBAL, R.E. Drying. In: _____. **Mass transfer operations**. 3. ed.. New York. McGraw-Hill, 1963, p. 569-575.

UBOLDI EIROA, M. N. Atividade de água: influência sobre o desenvolvimento de microorganismos e métodos de determinação em alimentos. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 18, n. 3, p. 353-383, 1981.

VALLILO, M. I. et al. Características físicas e químicas dos frutos do cambucizeiro (*Campomanesia phaea*). - **Rev. Bras. Frutic, Jaboticabal - SP**, v. 27, n. 2, p. 241-244, Agosto 2005.

VILADES, S. L., MALEC, L. F., GERCHENSON, L. N., ALZAMORA, S. M. Water sorption characteristics of sugar impregnated strawberries. **Drying Technology**, v. 13, n. 8-9, p. 1993-2010, 1995

VISSOTO, F. Z. et al. Avaliação da influência dos processos de lecitinação e de aglomeração nas propriedades físicas do achocolatado em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v. 26, n. 3, p. 666-671, 2006.