

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DALIM-DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ALIMENTOS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
CÂMPUS CAMPO MOURÃO – PARANÁ

ANA GABRIELA DA SILVA ANTHERO

**TERMOCONVERSÃO DO AMIDO DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*
Crantz) NA PRESENÇA DO ÁCIDO LÁTICO: CARACTERIZAÇÃO DE
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E APLICAÇÃO COMO
MATERIAL ENCAPSULANTE DO ÁCIDO ASCÓRBICO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO

2014

ANA GABRIELA DA SILVA ANTHERO

**TERMOCONVERSÃO DO AMIDO DE MANDIOCA (*Manihot
esculenta* Crantz) NA PRESENÇA DO ÁCIDO LÁTICO:
CARACTERIZAÇÃO DE PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E
APLICAÇÃO COMO MATERIAL ENCAPSULANTE DO ÁCIDO
ASCÓRBICO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos, do Departamento Acadêmico de Alimentos – DALIM – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo

CAMPO MOURÃO

2014



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Campo Mourão

Coordenação dos Cursos de Tecnologia e Engenharia de Alimentos
Engenharia de Alimentos



TERMO DE APROVAÇÃO

TERMOCONVERSÃO DO AMIDO DE MANDIOCA (MANIHOT ESCULENTA,
CRANTZ) NA PRESENÇA DO ÁCIDO LÁTICO: CARACTERIZAÇÃO DE
PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E APLICAÇÃO COMO MATERIAL
ENCAPSULANTE DO ÁCIDO ASCÓRBICO

por

ANA GABRIELA DA SILVA ANTHERO

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 19 de Dezembro de 2014 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo

Prof. Dra. Maria Josiane Sereia

Prof. Dr. Bogdan Demczuk Junior

* A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

Dedico a Deus, Pai, criador de tudo e orientador da minha vida.

Aos Meus pais, minha maior inspiração e maior exemplo de força e dedicação.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, pelo dom da vida, pela saúde e por sempre guiar o meu caminho me concedendo oportunidades e forças para enfrentar as dificuldades.

Aos meus queridos pais e irmãos pelo amor, carinho e apoio mútuo durante essa jornada. Agradeço o enorme esforço que desprenderam para que eu alcançasse os meus objetivos, me fortalecendo nos momentos mais difíceis da minha vida.

Aos meus tios, avós e familiares pelo carinho, incentivo e conselhos nos momentos difíceis.

Ao Professor Manuel, meu orientador durante quatro anos, um exemplo de humildade. Obrigada, por ser meu professor, amigo que em todo momento esteve disposto a me ajudar, transmitindo conhecimento e ajudando a superar os obstáculos que de certa forma contribuíram para meu crescimento humano e profissional.

Agradeço ao professor Bogdan pelas informações que soube transmitir e pelas inúmeras vezes em que nunca se recusou a me ajudar.

Aos técnicos Marcos Vieira e Luana Caroline, profissionais excelentes, mais que colegas, amigos que me apoiaram e estiveram dispostos a sanar dúvidas durante a realização dos experimentos.

À Franciele Viel pela amizade e por ter me ajudado na execução deste trabalho. Obrigada pela paciência e por sempre me amparar diante as dúvidas e as atividades do laboratório.

Ao Adenilson e Maikon Cristiano pelo apoio e ajuda prestado durante os experimentos.

Às amigas que fiz durante a graduação as quais levarei comigo por toda vida. Obrigada, Rayssa, Marília, Alini, Mateus por compartilharem comigo todos os momentos bons e ruins. Agradeço o companheirismo de todas as horas, pelas risadas, força e conselhos.

Ao meu grande amigo Bruno Oliveira, pessoa que nesse período esteve sempre muito próximo a mim, estando disposto a me ajudar e apoiar.

Aos colegas de turma, Amanda, André, Cláudia, Eduardo, Fernanda, Gustavo, Jéssica, Juliana, Luana, Mariana e Tania, pessoas especiais que fizeram dessa jornada menos árdua e mais divertida.

A empresa Lightsweet-Lowçúcar pela oportunidade, paciência e ensinamentos prestados durante o estágio. Obrigada por tornarem minhas tardes mais alegres.

A Fundação Araucária pela bolsa concedida a autora deste trabalho.

A todos os professores do Departamento Acadêmico de Alimentos pelos ensinamentos.

Enfim, agradeço a todos que contribuíram diretamente e indiretamente na realização deste trabalho.

“Nada acontece por acaso... Cada conquista é um pódio alcançado após subida de vários degraus”.

RESUMO

ANTHERO, A. G. S. **Termoconversão do amido de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) na presença do ácido láctico: Caracterização de propriedades físico-químicas e aplicação como material encapsulante do ácido ascórbico.** 2014. 57f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

O processo de termoconversão consiste em submeter o amido com baixo teor de umidade a elevadas temperaturas na presença de um catalisador ácido para obtenção de dextrinas. O propósito deste estudo foi modificar o amido de mandioca pelo processo de termoconversão e caracterizá-lo quanto suas características físico-químicas e encapsulante do ácido ascórbico. Para isso, realizou-se a modificação do amido de mandioca com diferentes concentrações de ácido láctico, obtendo os seguintes ensaios: amostra B (2,5% ácido láctico), amostra C (5,0% ácido láctico) e amostra D (7,5% de ácido láctico). As amostras B, C e D foram caracterizadas quanto ao grau de esterificação pelo método analítico, obtendo-se, nessa ordem, os teores de 1,64, 2,51 e 4,57 % de lactilo. Através da análise pela espectroscopia FTIR identificou-se a presença de pico no comprimento de onda 1750 cm^{-1} , característico do grupo éster, apenas na amostra D. As amostras dextrinizadas com ácido láctico apresentaram decréscimo no teor de amilose, sendo a queda maior com o aumento da concentração desse reagente na modificação. Essa redução acarretou o aumento da solubilidade em água a temperaturas de 65 e 80 °C, quando comparado ao amido de mandioca nativo. A claridade de pasta dos géis para as amostras B e C foram notadamente superiores aos valores de transmitância encontrados para o amido nativo e a amostra D. Na análise de viscosidade relativa dos géis, observou-se baixa viscosidade da dextrinas no tempo 0 e após 24 h de armazenamento (4 °C). As dextrinas (amostras: B, C e D) obtidas pelo processo de modificação foram aplicadas como agente encapsulante do ácido ascórbico e para efeito de comparação utilizaram-se a maltodextrina 10 DE e a Dextrina 17, ambas já empregadas na indústria. Por meio da secagem por *spray-drying* obteve-se microcápsulas de ácido ascórbico, as quais foram armazenadas a temperatura ambiente (25- 30 °C) durante 45 dias. Notou-se que a amostra D apresentou 6,1% de redução de ácido ascórbico durante o período de armazenamento, a menor perda, quando comparada às demais amostras. Constatou com esses resultados, a boa eficiência de retenção e proteção do ácido ascórbico pela dextrina modificada com 7,5% de ácido láctico e esta pode ser associada a presença de hidroxilas na lateral do amido que favoreceu a interação com o material encapsulado.

Palavras-chaves: Amido modificado; Ácidos orgânicos; Dextrinas; Microencapsulação.

ABSTRACT

ANTHERO, A. G. S. **Cassava starch thermoconversion (*Manihot esculenta*, Crantz) using lactic acid: Physical-chemistry and functional properties characterization.** 2014. 57f. Work Course Conclusion (Food Engineering), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2014.

Thermoconversion process consists of submitting starch with a low water content at high temperatures with an acid catalyst to obtain dextrin. The purpose of this study was to modify the cassava starch by thermoconversion process and characterize it as its physical and chemical characteristics and encapsulating of ascorbic acid. For this reason, there was the modification cassava starch with different concentrations of lactic acid, obtaining the following tests: Sample B (2.5% lactic acid), Sample C (5.0% lactic acid) and Sample D (7.5% lactic acid). Samples B, C and D were characterized according to esterification degree by analytic method and it was obtained, in this order, level of 1.64, 2.51 and 4.57 % of lactyl. Using FTIR spectra analysis, it was identified peaks at 1750 cm^{-1} wavelength, characteristic of the ester group, exclusively on Sample D. The samples modified with lactic acid showed lower amylase content as it increased the concentration of lactic acid during modification. This reduction resulted in solubility increasing of the dextrin in water at temperatures of 65 to 80°C when compared to native cassava starch. The clarity of the gels paste for sample B, C were notably superior to transmittance values found in the native cassava starch and sample D. In the apparent viscosity analysis of gels, it was observed low viscosity of dextrin in time 0 and after 24 h of storage (4°C). Dextrins obtained by modification process were applied as encapsulation agents of ascorbic acid and, for comparison, it was used maltodextrin 10 DE and Dextrin 17, both dextrins are already used in industry. By spray-drying process it was obtained microcapsules of ascorbic acid which were storage in ambient temperature (25- 30 °C) for 45 days. It was noticed that sample D showed a decrease of 6,1% in the ascorbic acid during storage time, lower waste when compared to the others. Concluded with these results, good retention efficiency and protection of ascorbic acid by dextrin modified with 7.5% lactic acid and this may be associated with the presence of hydroxyl on the side of starch that favored the interaction with the encapsulated material.

Keywords: Modified starch; Organic acid; Dextrins; Microencapsulation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação da estrutura da amilose	15
Figura 2 - Representação da estrutura da amilopectina.....	15
Figura 3 - Esterificação do amido com ácido láctico	18
Figura 4 - Estrutura química do ácido ascórbico	20
Figura 5 - Fluxograma do processo de modificação do amido de mandioca	24
Figura 6 - Fluxograma das etapas da microencapsulação do ácido ascórbico	30
Figura 7 - Espectroscopia FTIR do amido nativo e das dextrinas	33
Figura 8 - Estabilidade do ácido ascórbico microencapsulado com diferentes materiais de parede.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Valores médios do percentual de esterificação do amido nativo e das dextrinas.....	32
Tabela 2 -Valores médios dos teores de amilose do amido nativo e das dextrinas ..	34
Tabela 3 -Solubilidade do amido nativo e das dextrinas	35
Tabela 4 -Claridade de pasta do amido nativo e das dextrinas.....	36
Tabela 5 -Viscosidade aparente do amido nativo e das dextrinas	37
Tabela 6-Valores médios da retenção do ácido ascórbico	38

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVOS	13
2.1 OBJETIVO GERAL	13
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 AMIDO.....	14
3.1.1 Amido de mandioca.....	15
3.2 AMIDOS MODIFICADOS QUIMICAMENTE	16
3.3 APLICAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS NA MODIFICAÇÃO DO AMIDO	17
3.4 MATERIAIS ENCAPSULANTES	18
3.5 ÁCIDO ASCÓRBICO.....	20
3.6 MICROENCAPSULAÇÃO	21
4 MATERIAIS E MÉTODOS	22
4.1 MATERIAIS	22
4.2 TERMOCONVERSÃO DO AMIDO DE MANDIOCA	23
4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS AMIDOS NATIVOS E MODIFICADOS	25
4.3.1 Determinação do percentual de esterificação	25
4.3.2 Espectroscopia FTIR.....	26
4.3.3 Determinação do teor de amilose.....	26
4.3.4 Viscosidade aparente dos géis de amido	27
4.3.5 Determinação da solubilidade	28
4.3.6 Claridade dos géis.....	28
4.4 AVALIAÇÃO DA PROPRIEDADE ENCAPSULANTE DAS DEXTRINAS	29
4.4.1 Estabilidade do ácido ascórbico	30
4.5 TRATAMENTO DOS DADOS	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA.....	32
5.1.1 Percentual de esterificação	32
5.1.2 Espectroscopia FTIR.....	33
5.1.3 Teor de amilose.....	34
5.1.4 Solubilidade.....	35
5.1.5 Claridade de pasta	36
5.1.6 Viscosidade aparente	37
5.2 CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS.....	39
5.2.2 Estabilidade de ácido ascórbico	39
6 CONCLUSÃO	42
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

1 INTRODUÇÃO

Industrialmente os amidos nativos apresentam algumas limitações em sua aplicação, com isso, torna-se necessário a modificação destes através de tratamentos químicos, para obtenção de propriedades funcionais específicas, tais como resistência a retrogradação, atrito mecânico, resistência a pH ácido, altas temperaturas como também o desenvolvimento de amidos com propriedade emulsificante e de agentes encapsulantes (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003; SPADA, 2011; SANTOS, 2012).

Para atender as novas exigências de processamento, os amidos utilizados como materiais encapsulantes sofrem mudanças em sua estrutura química. Assim, os amidos nativos podem ser hidrolisados por processo de termoconversão (dextrinização), por hidrólise com α -amilase, e ainda, há os amidos esterificados como anidrido octenil-succínico que a seguir são hidrolisados pelo processo de dextrinização (WURZBURG, 2006).

Informes da literatura revelam que nos últimos anos é crescente a utilização de ácidos orgânicos em processos de modificação do amido, tais como ácido cítrico, tartárico, málico e láctico em virtude de sua ampla distribuição na natureza (SCHWARTZ; WHISTLER, 2009). Xie e Liu (2004) utilizaram ácido cítrico na esterificação do amido de milho tiveram como resultado um amido com baixa tendência a retrogradação, baixa viscosidade e alta claridade de pasta.

Dentre os ácidos orgânicos estudados, o ácido láctico apresenta vantagem quanto ao custo para obtenção além de ser um aditivo alimentício seguro com funções de acidulante, aromatizante e melhorador da qualidade microbiológica de alimentos (DESHPANDE; SALUNKHE; DESPHANDE, 1995; WEE; KIM; RYU, 2006; MAJZOBI; BEPARVA, 2014). No entanto, não há relatos literários que mostra amidos modificados quimicamente com ácido láctico para ser empregado como material encapsulante de substâncias hidrofílicas

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Modificar o amido de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) por meio da termoconversão na presença ácido láctico, para obtenção de dextrinas e aplicá-las como agente encapsulante do ácido ascórbico.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Modificar o amido de mandioca submetendo a tratamento térmico com diferentes concentrações de ácido láctico;
- Determinar o percentual de esterificação (lactilo);
- Avaliar o efeito da termoconversão do amido nos espectros infravermelhos das dextrinas ;
- Determinar o teor de amilose do amido nativo e das dextrinas;
- Determinar a viscosidade aparente do amido nativo e das dextrinas;
- Determinar a solubilidade do amido nativo e das dextrinas;
- Avaliar o efeito da modificação na transparência (claridade) dos géis de amidos;
- Avaliar o comportamento reológico do amido nativo e das dextrinas;
- Avaliar a funcionalidade das dextrinas como agente encapsulante do ácido ascórbico.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 AMIDO

O amido nativo pode ser definido como o produto amiláceo extraído das partes aéreas comestíveis dos vegetais. Já a fécula é o polissacarídeo extraído das partes subterrâneas dos vegetais (FRANCO, et al., 2002).

Amidos nativos possuem certas características inerentes ao seu uso no desenvolvimento de produtos alimentícios, farmacêuticos, e industriais. Entre outras vantagens, eles são prontamente disponíveis, apresentam baixo custo e além de ser ingrediente natural no rótulo de produtos industrializados (WURZBURG, 2006).

A estrutura desse polissacarídeo é composta por duas macromoléculas: amilose e amilopectina (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). A proporção relativa e as diferenças estruturais entre a amilose e a amilopectina contribuem para as diferenças significativas nas propriedades do amido e funcionalidade das aplicações (WURZBURG, 2006).

A cadeia de amilose é formada por unidade de D-glicose unida por ligações glicosídicas (α -1,4) e a maioria dos amidos apresenta em sua composição em torno de 25% de amilose, no entanto, há dois amidos de milho de alto teor de amilose que possuem cerca de 52% e 70- 75% de conteúdo aparente (DAMODARAN; PARKIN; FENNEMA, 2010). Sua estrutura é apresentada pela Figura 1.

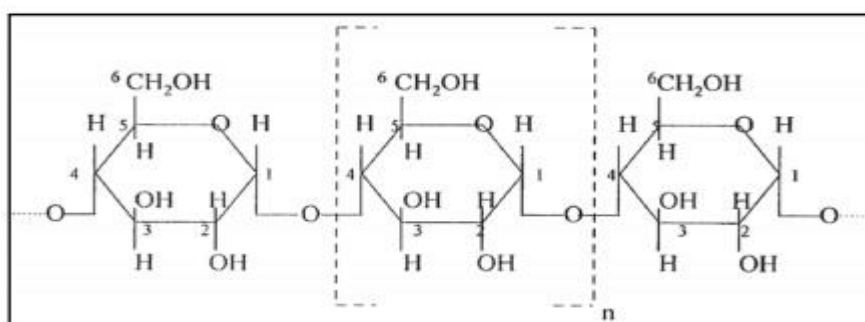


Figura 1- Representação da estrutura da amilose.

Fonte: THOMAS; ATWELL, 2013.

Por outro lado, a amilopectina é uma macromolécula altamente ramificada. As unidades de glicose nessa molécula são unidas por ligações (α -1,4) e nas ramificações por ligações (α -1,6), como mostra a figura 2. Na maioria dos amidos se encontra a amilopectina em proporções de 75%, todavia, os amidos cerosos são constituídos inteiramente por amilopectina (PÉREZ; BADWIN; GALLANT, 2009).

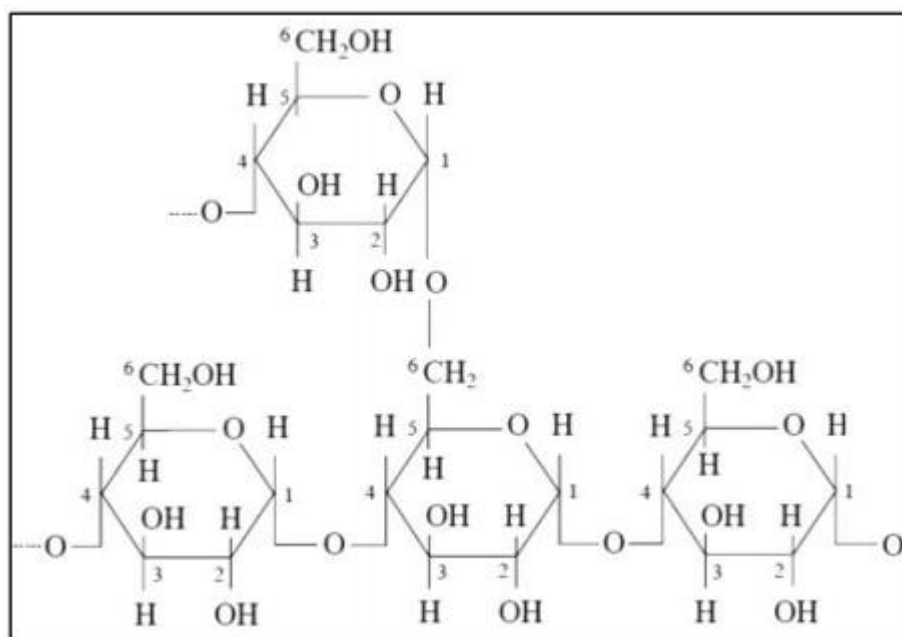


Figura 2- Representação da estrutura da amilopectina.

Fonte: THOMAS; ATWELL, 2013.

3.1.1 Amido de mandioca

O amido de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), também chamado de fécula é extraído após a lavagem das raízes, descascamento, ralação e prensagem da massa sob água corrente. O bagaço acumulado é eliminado e o amido lixiviado pela água e separado por decantação em tanques ou por centrifugação. Em seguida, o amido de mandioca é seco em secadores de túnel ou *flash-dryers* (VILELA; FERREIRA, 1987; CARDOSO; AGUIAR, 2003).

Segundo o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA-ESALQ/USP), em 2013, a produção de amido de mandioca bateu recorde em faturamento que ultrapassou R\$ 1 bilhão. A perspectiva para 2014 é o aumento de

10% da produção da mandioca no Brasil refletindo no aumento de 27% na produção do amido de mandioca, totalizando 603,66 mil toneladas- somatório das expectativas individuais de produção.

A aplicação do amido de mandioca na indústria é vasto, uma vez que este pode sofrer modificações e adequações em suas propriedades físico-químicas (BREUNINGER; PIYACHOMKWAN; SRIROTH, 2009). O material pode ser utilizado em massas de pães de queijo, produtos cárneos curados, e quando modificados são empregados como agentes encapsulantes de compostos voláteis, substitutos de gordura em produtos de panificação e lácteos, agente emulsificante em molhos para saladas e na elaboração de balas e doce de leites. (CARDOSO; AGUIAR, 2003; APLEVICZ, 2006; LOKSUWAN, 2007).

3.2 AMIDOS MODIFICADOS QUIMICAMENTE

Para aumentar a flexibilidade e o número de aplicações do amido nativo, eles são submetidos às modificações químicas, que compreendem reações como intercruzamento, termoconversão e substituição (esterificação ou eterificação) (LIGHT, 1990; WURZBURG, 2006).

No intercruzamento ocorre a introdução de ligações covalentes entre duas hidroxilas (-OH) em localizações aleatórias no grânulo de amido (WONGSAGONSUP et al., 2014). Com essa modificação o amido apresentará maior estabilidade em pH baixo, a degradação térmica e ao cisalhamento (SINGH; KAUR; MCCARTHY, 2007).

A substituição consiste na introdução de um grupo químico “volumoso” no lugar do hidrogênio do grupo hidroxila das unidades de glicose. Fisicamente esse grupo volumoso, em géis de amido, impede a aproximação e a reassociação dos segmentos lineares de amido inibindo a retrogradação e posterior liberação de água ou sinérese (RUTENBERG; SOLAREK, 1984; LIGHT, 1990).

Esses amidos substituídos que apresentam menor temperatura de gelatinização, maior claridade de pasta e menor retrogradação em contraste com o amido nativo e podem ser aplicados como espessante em produtos embutidos e alimentos congelados ou refrigerados (WURZBURG, 1986; MASON, 2009).

Um dos métodos de obtenção de amidos substituídos é a esterificação com anidrido acético ou acetato de vinila (WURZBURG, 2006). No entanto, estes reagentes químicos atribuem ao produto aroma acético sendo inadequado ao uso em alimentos de aroma delicado .

O processo de termoconversão consiste em submeter o amido ao aquecimento em faixas de temperaturas que variam de 110 a 220 °C na presença de um catalisador ácido, geralmente o ácido clorídrico (0,15% m/m) ou ácido sulfúrico (0,17% m/m). Como resultado, ocorre hidrólise parcial do polímero, repolimerização das cadeias e redução da massa molecular do amido (KASICA et al., 2001; WURZBURG, 2006).

Enquanto ocorre a reação há uma diminuição contínua no peso molecular do amido, resultando em dextrinas com menor viscosidade e maior solubilidade em água fria. A reação é, portanto, predominante na produção das dextrinas brancas, mas também pode ocorrer a produção de dextrinas amarelas devido à alta temperatura e o tempo do tratamento térmico (WURZBURG, 2006).

3.3 APLICAÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS NA MODIFICAÇÃO DO AMIDO

Os ácidos orgânicos são encontrados em toda natureza. Dentre eles, o ácido cítrico, láctico, málico e glucônico são utilizados como ingredientes industriais nos produtos alimentícios. Estes podem ser obtidos por meio da fermentação da dextrose, sacarose ou subprodutos que contém açúcar (SCHWARTZ; WHISTLER, 2009).

O ácido láctico é utilizado em indústrias químicas, farmacêutica e de alimentos, podendo ser usado como: acidulante, conservante de bebidas e alimentos (GUILHERME; PINTO; RODRIGUES, 2009).

Estudos recentes revelam que o ácido láctico pode ser empregado na oxidação do amido de mandioca por meio da radiação ultravioleta resultando em amidos com propriedades de expansão (SANTOS, 2012). Anjos (2013) realizou a esterificação do amido de pinhão com ácido láctico e aplicou em bolos como substituto de 50% da gordura utilizada, sem prejudicar o volume específico e a textura macia. Na esterificação da farinha de banana verde com ácido láctico

(2,5%), Rocha (2014) observou que as farinhas obtiveram baixa viscosidade e alta claridade de pasta quando comparadas com o amido nativo. A autora desse estudo constatou que essas farinhas esterificadas podem ser aplicadas na panificação para obter produtos com baixo teor de gordura.

De acordo com estudo de Anjos (2013) a esterificação do amido com ácido láctico pode ser representada pela Figura 3.

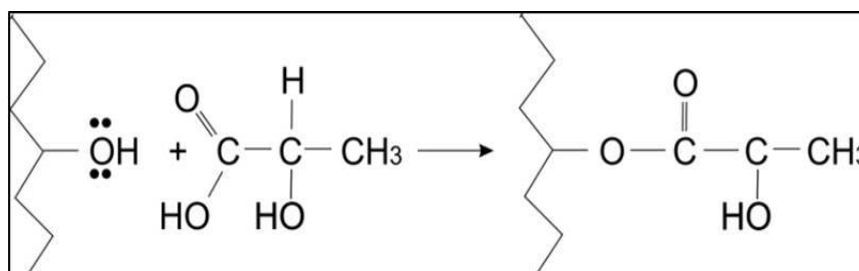


Figura 3- Esterificação do amido com ácido láctico.

Fonte: ANJOS, 2013.

3.4 MATERIAIS ENCAPSULANTES

Os agentes encapsulantes (materiais de parede) são materiais que compõem o envoltório da substância que se deseja encapsular. Eles podem se apresentar na forma de microesfera, na qual o material encapsulado fica aderido na parede e o interior da micropartícula fica vazio e na conformação de microcápsula, constituída por um núcleo interno correspondente ao da substância que deseja encapsular (AZEREDO, 2005).

Para realizar o processo de microencapsulação com êxito, deve-se selecionar o encapsulante adequado ao material que deseja aprisionar na matriz. Os materiais de parede devem ter boa solubilidade em água, apresentar baixa viscosidade, ter propriedades emulsificantes (para materiais hidrofóbicos), baixa higroscopicidade, e serem capazes de reter em sua matriz os compostos voláteis (JUNIOR, 2012; HIGUITA, 2013). Além dessas características, o encapsulante não deve reagir com o material a ser encapsulado, ter aroma agradável para ser

aplicado em alimentos, e principalmente, deve ser viável economicamente (COSTA, 2013).

Segundo Azeredo (2005), tem-se empregado variados tipos de agentes encapsulantes, os quais são responsáveis em reter em sua matriz os compostos bioativos. Atualmente, os materiais comumente utilizados como agentes encapsulantes são as gomas (goma arábica, alginato de sódio, carragena), os carboidratos (amido, dextrina, açúcar, xarope de milho), lipídeos e proteínas (JUNIOR, 2012).

A goma arábica é o carboidrato de escolha usual para encapsulação de compostos voláteis, pois apresenta alta solubilidade e estabilidade em diferentes pH (ABURTO; TAVARES; MARTUCCI, 1998; CONSTANT, 1999). Para secagem em *spray drying*, o teor de sólidos da dispersão é de 35% assim, a goma arábica por apresentar baixa viscosidade favorece sua adição em maior quantidade em relação a outros componentes (ABURTO; TAVARES; MARTUCCI, 1998).

Outro amiláceo usado com a finalidade de encapsulante é a maltodextrina. Este material é obtido pela hidrólise enzimática ou pela hidrólise ácida, possui alta solubilidade e baixa viscosidade. Além disso, apresenta baixo custo e baixa higroscopicidade, o que dificulta a aglomeração das partículas. Tem efeito protetor na oxidação e mostra retenção de voláteis na faixa de 65 a 80% (ABURTO; TAVARES; MARTUCCI, 1998; ÓBON et al., 2009; TONON et al., 2010).

O Capsul® (dextrina octenilsuccinilada de amido de milho ceroso) é um amido de milho esterificado com anidrido octenilsuccínico (OSA) sob condições alcalinas. O respectivo amido é aplicado como agente encapsulante de aromas, vitaminas e especiarias e pode ser usado como substituto para as gomas caras e as proteínas em virtude de sua propriedade de formar película e apresentar baixa viscosidade (INGREDION, 2012). De acordo com Aburto, Tavares e Martucci, (1998), o Capsul® tem capacidade para reter o encapsulado para o interior da microcápsula e possui propriedade emulsificante.

Tosoni e Rodrigues (2013) utilizaram a dextrina na encapsulação da propólis e constataram boa eficiência na retenção dos compostos bioativos, melhor solubilidade das microcápsulas em água quando comparado com a maltodextrina e Capsul®.

No intuito de buscar materiais alternativos, a literatura revela o uso de novos agentes encapsulantes, como a goma de cajueiro na encapsulação do

corante de urucum, amido de mandioca esterificado com ácido esteárico na retenção de ácido oleico e maltodextrina acetilada na encapsulação da propólis (MENDES, 2012; ALVES, 2013; TOSONI; RODRIGUES, 2013).

3.5 ÁCIDO ASCÓRBICO

O ácido ascórbico, designado como vitamina C, é um composto hidrossolúvel correspondente a uma forma oxidada da glicose $C_6H_8O_6$ (176,13 g/mol), como mostra a figura 4. Esse composto tem função bioquímica no organismo, sendo capaz de reduzir espécies reativas de oxigênio, além de participar da síntese e modulação de alguns componentes hormonais do sistema nervoso, bem como a hidroxilação de dopamina e noradrenalina (VANNUCCHI; ROCHA, 2012).

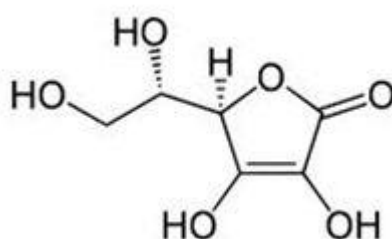


Figura 4- Estrutura química do ácido ascórbico.

Fonte: VANNUCCHI; ROCHA, 2012.

Além de ser uma importante fonte nutricional ao ser humano, o ácido ascórbico apresenta funcionalidade em produtos alimentícios. De acordo com Bernardes (2014), o ácido ascórbico é empregado na indústria de alimentos, tanto para ingestão dietética de vitamina C, quanto como antioxidante em alimentos. Por sua vez, Pulido e Beristain (2010) afirmaram que tal substância pode ser utilizada em alimentos para melhorar a qualidade nutricional e sensorial do produto.

Saraiva, Silva e Clemente (2010) mostraram a aplicação do ácido ascórbico em massa de pão como agente oxidante. Segundo os autores, o ácido

ascórbico atua como melhorador da farinha panificável ao fortalecer a rede proteica de glúten. Ocorre o melhoramento das propriedades reológicas da farinha e o aumento do volume específico dos pães.

Este ácido está presente em diversos alimentos, segundo dados fornecidos por Vannucchi e Rocha (2012). As fontes mais importantes são acerola, caju e laranja. No entanto, a aplicação do ácido ascórbico é limitada, pois a matriz do alimento pode favorecer sua degradação, resultando em perda de sua ação antioxidante. Assim, a tecnologia de microencapsulação pode ser utilizada para ampliar a aplicação do ácido ascórbico em produtos alimentícios (BERNARDES, 2014).

3.6 MICROENCAPSULAÇÃO

A técnica de microencapsulação consiste em realizar o “empacotamento” de partículas (núcleo) em uma matriz comestível (encapsulante) para retardar a degradação das substâncias susceptíveis as reações químicas adversas, por ação da luz, temperatura e oxigênio (MOREIRA, 2007).

Os principais métodos físicos empregados para formar as microcápsulas são extrusão, leiteo fluidizado, coacervação, secagem por tambor, liofilização e secagem por atomização (AZEREDO, 2005).

Dentre as técnicas de encapsulação empregada na indústria, a secagem por atomização é comumente empregada na indústria de alimentos devido seu baixo custo. Atualmente, uma das vantagens do emprego desta técnica está relacionada à facilidade de encapsular materiais sensíveis ao calor, embora alguns compostos possam ser perdidos. Além disso, esta técnica permite a redução do tamanho das partículas em micrômetros, tornando-as cada vez mais solúveis (AZEREDO, 2005).

A secagem por atomização tem por finalidade realizar a remoção de da umidade de uma dispersão líquida, formando partículas sólidas. Este processo ocorre, devido à evaporação do solvente na presença da corrente do ar quente. Assim que o solvente é evaporado, ao entrar na câmara de secagem, as gotículas são solidificadas rapidamente, formando partículas sólidas secas que são

recuperadas na forma de pó em outro compartimento do secador (BRASILEIRO, 2011).

Pagani (2010) constatou em seu estudo que o suco de acerola microencapsulado pela secagem por atomização representou uma boa fonte natural de vitamina C e antocianinas, as quais ficaram menos suscetíveis à oxidação devido à proteção do material encapsulante. Resultados semelhantes foram encontrados por Azeredo (2005), obtendo melhor retenção de antocianinas e ácido ascórbico em seus materiais de parede, maltodextrina e goma do cajueiro.

O ácido ascórbico microencapsulado apresenta melhor liberação e maior estabilidade e, desta forma, é utilizado em produtos alimentícios (PULIDO; BERISTAIN, 2010).

Comunian (2013) aplicou microencápsulas de ácido ascórbico em salsichas de frango. O autor teve como resultado um produto cárneo com estabilidade oxidativa em virtude da liberação do ácido ascórbico no produto durante o período de armazenamento, além de deixá-lo com melhor textura. Tais resultados refletiram em melhor aceitação global dos consumidores pelas salsichas aditivadas com as microcápsulas.

No entanto, Trindade (1998) observou que a utilização do ácido ascórbico microencapsulado não resultou em diferença significativa na estabilidade de cor dos produtos cárneos curados quando comparados com os produtos aditivados com ácido ascórbico não encapsulado.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAIS

A matéria-prima utilizada no trabalho foi o amido de mandioca (AMAFIL) adquirido em mercado local, doravante denominado Amostra A. Na modificação do amido, os reagentes empregados foram ácido láctico (Dinâmica, 85% de pureza), hidróxido de sódio (Vetec, 99% de pureza) ácido clorídrico (Isofar, 36,5% de pureza)

Para avaliar a funcionalidade das dextrinas obtidas neste trabalho como agente encapsulante foi utilizado o ácido ascórbico (Nuclear, 99 % de pureza). Para efeito de comparação foi usada uma dextrina comercial denominada Dextrina 17 fornecida pela empresa Lorenz e uma maltodextrina 10 DE (Cargill).

4.2 TERMOCONVERSÃO DO AMIDO DE MANDIOCA

O amido foi modificado usando a metodologia de Xie e Liu (2004). Para isso, realizou-se a impregnação do amido de mandioca com diferentes concentrações de ácido láctico. Amostras de 500 g (base seca) de amido foram impregnadas com 215 mL soluções aquosas contendo 12,5, 25 e 37,5 g de ácido láctico, resultando respectivamente nas amostras, B (2,5% ácido láctico), C (5,0% ácido láctico) e D (7,5% de ácido láctico). Após 5 min de homogeneização manual, as amostras permaneceram em repouso a temperatura ambiente por 14 h. Em continuidade, os amidos foram aquecidos por 5 h em forno a 90 °C.

Em seguida, as amostras foram colocadas em estufa com circulação de ar a 60 °C durante 14 h para a secagem do amido, até massa constante. Logo após a remoção da umidade, as amostras foram espalhadas em formas de alumínio (20 x 30 cm), para sofrerem o tratamento térmico a 150 °C em forno por 4 h. Finalmente as amostras foram dispersas em 300 mL de etanol 80% (v/v) regulando o pH para 6,0-6,5 com solução de NaOH a 3%. Recuperou-se o material por filtração a vácuo e lavou-se três vezes com porções de 200 mL de etanol 80% (v/v). As amostras foram secas em estufa de circulação forçada de ar (90 °C por 3 h). Em seguida, as dextrinas foram moídas e embaladas em sacos de polietileno. Todas as etapas do processo de modificação estão exemplificadas no fluxograma da Figura 5.

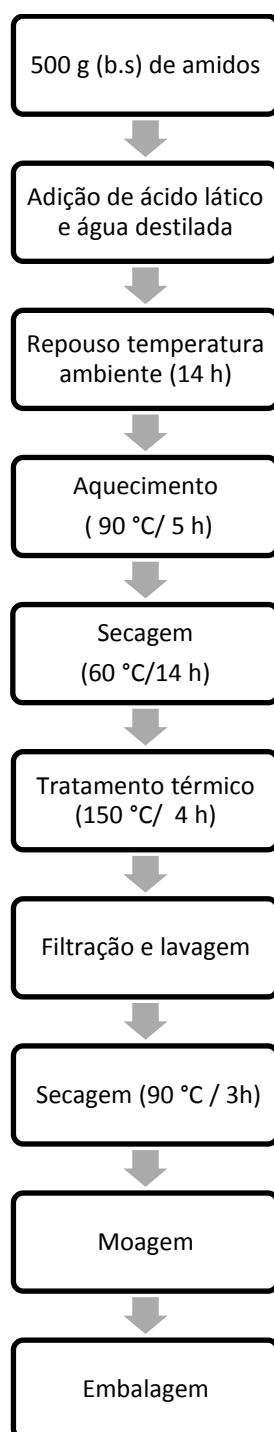


Figura 5 - Fluxograma do processo de modificação do amido de mandioca.

4.3 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DOS AMIDOS NATIVOS E MODIFICADOS

4.3.1 Determinação do percentual de esterificação

A determinação do grau de esterificação (teor em porcentagem de esterificação) foi realizada segundo o método de Smith (1967), baseado na hidrólise alcalina da ligação éster. A análise foi realizada em triplicata e as amostras utilizadas foram o amido nativo (controle) e das dextrinas.

Pesaram-se 1,0 g de amido (base seca) em erlrmeyer (125 mL) que foi disperso em 20 mL de água destilada, em seguida, adicionaram-se 3 gotas de fenolftaleína e titulou-se com NaOH 0,098 mol/L até obtenção da coloração rosa estável.

Logo após, foram adicionados 10 mL de NaOH 0,4676 mol/L, sendo as amostras misturas usando um agitador magnético a 60 RPM. Depois disso, as amostras foram submetidas a aquecimento em forno de micro-ondas em ciclos de aquecimento/não aquecimento de 1 min com mais nove repetições.

Posteriormente, os amidos foram resfriados a até atingir a temperatura de 25 °C e procedeu-se a titulação com solução de ácido clorídrico (HCl) 0,2821 mol/L até o ponto de viragem da fenolftaleína e anotou-se o volume utilizado.

Enfim, determinou-se a porcentagem de esterificação teórica através da Equação 1:

$$\% \text{ Esterificação bruta (EB)} = \frac{[(V_1 \times N) - (V_2 \times N) \times 0,073 \times 100]}{M} \quad (1)$$

Para obtenção do grau de esterificação real, subtraiu %EB da amostra de amido modificados dos valores encontrados para o amido nativo (não-esterificado), como mostra a Equação 2:

$$\% \text{ Esterificação real (ER)} = \%EB_{\text{amido modificado}} - \%EB_{\text{amido nativo}} \quad (2)$$

Onde

V_1 = Volume de NaOH (10 mL)

V_2 = Volume de HCL gasto (mL)

N= Normalidade das soluções (mol/ L)

0,073= Massa equivalente do grupo éster (g)

M= Massa de amido em base seca(g)

$\%EB_{amido\ modificado}$ = Porcentagem de esterificação do amido modificado (%)

$\%EB_{amido\ nativo}$ = Porcentagem de esterificação do amido nativo (%)

4.3.2 Espectroscopia FTIR

A análise qualitativa para averiguar presença de grupos éster nas amostras de amidos foi realizada conforme a metodologia de Matsuguna (2006). Prepararam-se pastilhas, em triplicata, contendo 100 mg de Brometo de Potássio (KBr) e 1 mg da amostra seca em estufa (105 °C/ 48 horas), e estas foram formatadas em uma prensa hidráulica manual. As análises foram realizadas no espectrofotômetro Shimadzu IR Affinity-1, sendo os espectros coletados na região 4000-700 cm^{-1} . Para análise dos espectros plotou-se um gráfico no programa Origin 8 (ORIGIN, 2014).

4.3.3 Determinação do teor de amilose

Em triplicata, o teor de amilose foi determinado pelo método de ISO (1987), que consiste na medida colorimétrica do complexo iodo-amilose em espectrofotômetro UV/VIS (Ocean Optics, Red Tide USB 650 UV) na faixa de 620 nm.

Para a presente análise, desengordurou-se 100 mg de amido (base seca), de amido nativo, amidos modificados e amido referência (18,432 % de amilose) por meio da extração soxhlet com metanol 90% durante 24 horas. Em seguida, foram transferidos para tubos de centrífuga e dispersos em 1 mL de etanol 96% e 9 mL

de NaOH 1 mol/L. A dispersão foi aquecida em banho térmico por 10 minutos para gelatinização do amido.

A solução foi resfriada e transferida quantitativamente para um balão volumétrico de 100 mL, completando-se o volume com água destilada. Uma alíquota de 1 mL da solução foi transferida para um balão volumétrico de 25 mL, e em seguida foram adicionados 0,25 mL de ácido acético 1 mol/L e 0,5 mL de solução de iodo 0,2% (0,2g I₂/2,0 g KI em 100 mL). O volume foi completado com água destilada e após 20 minutos de repouso ao abrigo da luz a absorbância da solução foi determinada a 620 nm em espectrofotômetro UV/ visível..

O teor de amilose foi determinado pela Equação 3. Os dados 18,243 referem-se ao teor de amilose do amido de mandioca referência, A₁ é a absorbância da solução de amido submetido ao tratamento térmico e A₂ é a absorbância da solução do amido referência.

$$\% \text{ Amilose} = \frac{(18,432 \times A_1)}{A_2} \quad (3)$$

4.3.4 Claridade dos géis

A claridade do gel foi realizada em triplicata e avaliada a cada 48 horas até completar 6 análises. Essa análise foi realizada segundo o método de Morikawa e Nishinari (2000) que determina o percentual de transmitância (T%) de uma solução de amido (1g/100 mL, pH 6,5) a 650 nm medida no espectrofotômetro UV/VIS (Ocean Optics, Red Tide USB 650 UV) após aquecimento a (95 °C/ 30 min) e posterior resfriamento (1 h /25°C).

4.3.5 Determinação da solubilidade

A solubilidade tanto do amido nativo quanto das dextrinas foi realizada em triplicata e determinada em duas distintas 65 e 80 °C, conforme o método de Leach, McCowen e Schoch (1959).

Preparou-se uma dispersão em tubos de centrífuga de massa conhecida, contendo 250 mg (base seca) de amido em 20 mL de água destilada. As amostras foram submetidas a temperaturas de 65 e 80 °C por 30 min em banho térmico. A cada 10 min as amostras foram homogeneizadas em agitador de tubos tipo vortex (modelo QI-901 – Biomixer), para evitar deposição de amido no fundo do recipiente.

Ao final do aquecimento em banho térmico os tubos foram resfriados a temperatura ambiente e centrifugados (6000 rpm/ 10 min). Após a centrifugação, o sobrenadante foi seco em estufa (105 °C/ 24 h) para a determinação da massa de amido solúvel (M_1). A solubilidade do amido foi calculada pela relação da massa de amido solúvel e massa inicial de amido (M_i), em base seca, expressa em porcentagem como mostra a equação a seguir:

$$\% \text{ Solubilidade} = \frac{M_1}{M_i} \times 100 \quad (4)$$

4.3.6 Viscosidade relativa dos géis de amido

Para determinação da viscosidade dos materiais amiláceos a análise foi realizada em triplicata, com 16,8 g (base seca) de amostra dispersas em 120 mL de água destilada (14% de sólidos). A dispersão foi aquecida a 90 °C por 30 min, em seguida foi pesada acrescentando água até completar 120 g de gel. Resfriaram-se os géis em banho de água até 25 °C, e a viscosidade foi determinada através do uso de um viscosímetro Brookfield, modelo RVT, 20 rpm e utilizando agulhas n° 2 para as dextrinas e 7 para o amido nativo. Os géis foram armazenados na geladeira a 4 °C para nova determinação da viscosidade após 24 h (ALVES, 2013).

4.4 AVALIAÇÃO DA PROPRIEDADE ENCAPSULANTE DAS DEXTRINAS

Para avaliar a capacidade das dextrinas como agentes encapsulantes do ácido ascórbico, foram preparadas 422 g de géis contendo 96 g do amiláceo. Ao gel resfriado foram acrescentados 10,6 g de ácido ascórbico sob agitação mecânica (3000 rpm/ 2 min). O teor de sólidos da dispersão foi de 20 % (m/m) (FINOTELLI; ROCHA-LEÃO, 2005). Para efeito de comparação utilizou-se a maltodextrina 10 DE (CARGILL) e Dextrina 17 (LORENZ).

As dispersões foram desidratadas em secador por aspersão (*spray dryer*), modelo LM MSD 1.0 da marca Labmaq do Brasil, utilizando-se um bico pneumático de 1,00 mm, vazão do ar quente 3,65 m³/min e a vazão de alimentação de 0,55 L/h e temperaturas de entrada e saída igual a 180 °C e 90 °C, respectivamente. As amostras de ácido ascórbico encapsuladas foram embaladas em frasco de vidro com tampa metálica e armazenado em temperatura ambiente (25 a 30 °C). As etapas da encapsulação podem ser visualizadas na Figura 6.

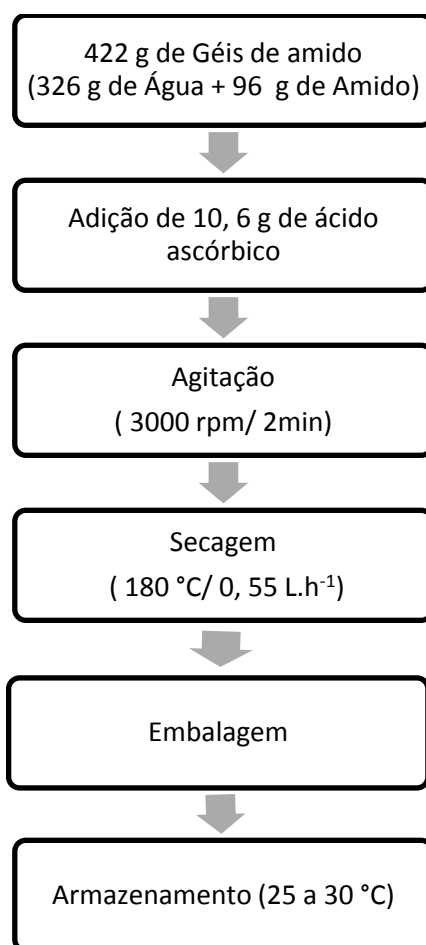


Figura 6- Fluxograma das etapas da microencapsulação do ácido ascórbico.

4.4.1 Estabilidade do ácido ascórbico

Os teores de ácido ascórbico foram quantificados pelo método do iodato de potássio (ZENEBO; PASCUET; TIGLEA, 2008). Pesou-se em um erlemeyer de 100 mL 1,0000 g da amostra e dispersou-se com 50 mL de água destilada; adicionaram-se 10 mL de ácido sulfúrico a 20 %, 1 mL de iodeto de potássio a 10% e 1 mL de solução de amido solúvel a 1% e a seguir titulou com uma solução de iodato de potássio (0,02 M). O teor de ácido ascórbico (T_{AA}) foi determinada conforme a Equação 8 e a retenção de ácido ascórbico pela Equação 9, durante os tempos 0, 15, 30 e 45 dias de estocagem em temperatura ambiente (25 a 30 °C)

$$T_{AA} = \frac{V_a \times 0,008806}{m_a} \times 100 \quad (8)$$

Onde:

T_{AA} = Teor de ácido ascórbico na microcápsula (%)

V_a = Volume gasto na titulação (mL)

m_a = Massa de amostra utilizada para quantificação (g)

0,008806= mg de ácido ascórbico por mL de iodato de potássio (0,02 M)

$$R_{AA} = \frac{T_{AA}}{T_T} \times 100 \quad (9)$$

Onde:

R_{AA} = Retenção de ácido ascórbico (%)

T_{AA} = Teor de ácido ascórbico (%)

T_T = Teor de ácido ascórbico teórico na dispersão (%)

4.5 TRATAMENTO DOS DADOS

As análises foram realizadas em triplicata e os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas utilizando o teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa público ASSISTAT 7.6 beta (ASSISTAT, 2014). Os dados obtidos no comportamento reológico dos amidos foram plotados e os modelos foram ajustados de acordo com o valor do R^2 obtido, com o auxílio do software público Origin 8.0 (ORIGIN, 2014).

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

5.1.1 Percentual de esterificação

Na Tabela 1 podem ser observados os resultados do percentual de esterificação.

Tabela 1- Valores médios do percentual de esterificação das dextrinas.

Amostras	% Esterificação real (ER)
B	1,64 ^c ±0,01
C	2,51 ^b ±0,08
D	4,57 ^a ±0,08

*B,C,D: amostras de amido de mandioca dextrinizadas, respectivamente, com 2,5, 5,0 e 7,5% de ácido láctico. As médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

As amostras B, C e D apresentaram um percentual de esterificação de 1,64, 2,51 e 4,57% respectivamente, apresentando diferença significativa ao nível de 5% de confiança. Com o aumento da concentração de ácido láctico utilizado na modificação do amido de mandioca houve um aumento gradual do percentual de esterificação. No entanto, o consumo de hidróxido de sódio (NaOH) não é exclusivo da saponificação da ligação éster, os grupos aldeídos formados durante a dextrinização (termoconversão) ao reagir com o álcali (OH⁻) formam-se ácidos orgânicos aumentando artificialmente o teor de esterificação (DEMNMARK, 1999).

Os resultados nessa pesquisa corroboram com os encontrados por Anjos (2013). Segundo esse estudo, a farinha e o amido de pinhão modificados com 2,5% e 5,0% de ácido láctico e submetido a tratamento térmico de 110 °C por 2 h obteve percentual real de lactilo de 0,14 e 0,89% para a farinha e de 1 e 0,92% para o amido.

Xie e Liu, (2004) obtiveram amidos de milho com dupla esterificação com grau de substituição de 0,09 a 0,12 quando tratado com ácido cítrico (40%), a temperatura de 120 a 150 °C durante o período de 3-9 h.

5.1.2 Espectroscopia FTIR

O resultado obtido por espectroscopia de transformada de Fourier pode ser visualizado na Figura 7.

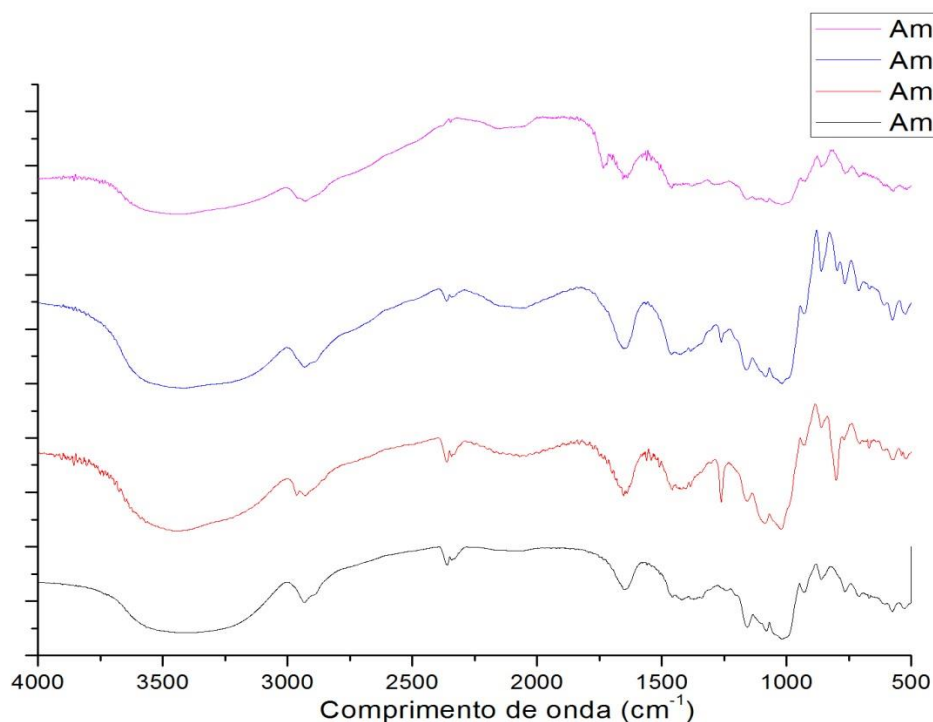


Figura 7- Espectroscopia FTIR (Infravermelho por Transformada de Fourier) do amido nativo e das dextrinas.

*A: Amido nativo; B,C,D: amostras de amido de mandioca dextrinizadas, respectivamente, com 2,5, 5,0 e 7,5% de ácido láctico

Ao analisar a Figura 7 observou-se que a amostra D difere do espectro do amido nativo por apresentar um pico na região de 1750 cm^{-1} característico do

grupo carbonila da ligação éster, constatando a reação entre o ácido láctico e os grupos hidroxilas do amido dextrinizado com 7,5% de ácido láctico. Na mesma região no espectro da amostra C (amido dextrinizado com 5,% de ácido láctico) observa-se uma ligeira “ameaça” de pico em 1750 cm^{-1} que pode ser consequência de um teor esterificação que se encontra no limite de detecção do aparelho Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR). Por outro lado no espectro da amostra B não se observa nenhum indicio de pico na região da ligação éster.

Dragunski e Pawlicka (2001) em seu estudo, encontraram picos característico da ligação éster no comprimento de onda 1726 cm^{-1} e Evora et al., (2002) na região de 1734 cm^{-1} . A presença de picos em determinadas regiões vai depender da vibração das ligações, assim, a ligação éster é identificadas em comprimentos que podem variar de 1730 a 1750 cm^{-1} (DRAGUNSKI; PAWLICKA, 2001).

5.1.3 Teor de amilose

Na Tabela 2 encontram-se os valores médios do teor de amilose obtidos na análise.

Tabela 2- Valores médios dos teores de amilose do amido nativo e das dextrinas.

Amostras*	Teor de amilose (%)
A	$22,2^a \pm 0,26$
B	$18,4^b \pm 0,18$
C	$15,8^c \pm 0,43$
D	$14,3^d \pm 0,57$

*A: amido nativo; B,C,D: amostras de amido de mandioca dextrinizadas, respectivamente, com 2,5, 5,0 e 7,5% de ácido láctico. Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna, não diferem significativamente entre si ($p \leq 0,05$) pelo teste de Tukey.

Os teores de amilose obtidos para as amostras A, B, C e D foram 22,2, 18,4, 15,8 e 14, 3%, respectivamente. Notou-se com esses resultados que o amido nativo apresentou maior teor de amilose quando comparado com as demais amostras. A redução no teor de amilose foi maior no amido dextrinizado com a

maior concentração de ácido láctico. Segundo Beninca (2008) a amilose por se localizar na região amorfa do grânulo de amido é mais susceptível a sofrer hidrólise na presença de ácido quando comparada com a amilopectina. Segundo Wurzburg (2006) na termoconversão ocorre degradação nas macromoléculas do amido, resultando em dextrina com menor teor de amilose.

Em consequência ao menor teor de amilose essas dextrinas podem apresentar menor tendência a sofrer reassociação dos segmentos lineares e posterior liberação de água (SINGH et al., 2003).

5.1.4 Solubilidade

As médias de solubilidade das amostras A, B, C e D em temperaturas de 65 e 80 °C podem ser vistas na Tabela 3.

Tabela 3- Solubilidade do amido nativo e das dextrinas.

Amostras	Solubilidade (%)	
	Temperatura (65 °C)	Temperatura (80 °C)
A	5,26 ^{CA} ± 1,06	41,7 ^{eB} ± 2,29
B	69,2 ^{bC} ± 0,13	78,4 ^{dE} ± 0,23
C	79,0 ^{aE} ± 0,52	79,5 ^{dE} ± 1,56
D	77,5 ^{aE} ± 3,68	82,6 ^{dE} ± 0,64

*A: amido nativo; B,C,D: amostras de amido de mandioca dextrinizadas, respectivamente, com 2,5, 5,0 e 7,5% de ácido láctico. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna ou na mesma linha diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey: letras minúsculas comparação na vertical e maiúsculas na horizontal.

A capacidade que o amido tem de sofrer inchamento e solubilização em água está relacionado com a quebra das pontes de hidrogênio quando submetidos ao aquecimento, favorecendo o intumescimento dos grânulos e conseqüentemente o aumento da solubilidade (WURZBURG, 2006).

Os amidos modificados com maiores concentrações de ácido láctico (5,0 e 7,5%) apresentaram maior solubilidade na temperatura de 65 °C, e a amostra D obteve melhor resultado para temperatura de 80 °C. Este resultado pode ser relacionado com o nível de hidrólise. Como as amostras C e D tiveram maior concentração de ácido em sua modificação, estas foram mais hidrolisadas, e

consequentemente estas dextrinas precisaram de uma menor temperatura para sofrer o intumescimento e atingir sua máxima solubilidade.

Ribeiro (2011) relata em seu estudo a baixa solubilidade do amido de mandioca nativo a temperatura de 65 °C (5,0 g.g⁻¹), valor semelhante ao encontrado neste trabalho. Já a temperatura de 80 °C observou-se alta solubilidade para os amidos hidrolisados, succinilado e acetilado.

5.1.5 Claridade de pasta

Na Tabela 4 encontram-se os valores médios da claridade de pasta durante 6 dias de avaliação.

Tabela 4- Claridade de pasta do amido nativo e das dextrinas.

Amostras	Claridade de pasta (Transmitância %)					
	1° dia	2° dia	3° dia	4° dia	5° dia	6° dia
A	24,6 ^{de} ± 0,82	22,7 ^{cf} ± 1,90	23,1 ^{ce} ± 1,67	24,5 ^{ce} ± 0,15	24,2 ^{ce} ± 0,54	24,0 ^{ce} ± 0,94
B	45,3 ^{aa} ± 0,64	44,3 ^{aa} ± 1,04	43,6 ^{aa} ± 1,02	38,1 ^{ab} ± 0,45	37,7 ^{ab} ± 0,46	36,6 ^{ab} ± 0,54
C	37,2 ^{bb} ± 1,15	36,3 ^{bb} ± 0,78	31,4 ^{bc} ± 0,83	32,2 ^{bc} ± 0,51	30,5 ^{bc} ± 1,33	31,3 ^{bc} ± 0,89
D	26,2 ^{cd} ± 0,78	21,2 ^{cf} ± 0,53	22,6 ^{cf} ± 0,45	21,1 ^{df} ± 0,16	21,3 ^{df} ± 1,01	22,4 ^{df} ± 0,81

* A: amido nativo; B,C,D: amostras de amido de mandioca dextrinizadas, respectivamente, com 2,5, 5,0 e 7,5% de ácido láctico. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna ou na mesma linha diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey: letras minúsculas comparação na vertical e maiúsculas na horizontal.

Conforme os valores da Tabela 4, a amostra que apresentou maior claridade de pasta foi a amostra B e após seis dias de armazenamento teve redução 19,2% no valor da transmitância. Segundo Blennow (2004) géis mais claros são uma das características dos amidos modificados, e para Ribeiro (2011) a baixa transmitância pode estar relacionada com a tendência a retrogradação do amido.

A amostra D apresentou caráter opaco, devido ao baixo valor de transmitância obtido nos seis dias de avaliação. Esse resultado pode ser atribuído à interferência gerada pela própria cor da amostra. A dextrina obtida apresentou cor amarelada em virtude do tempo de tratamento térmico que promoveu o

escurecimento não-enzimático na amostra. Segundo Wurzburg (2006), no processo de termoconversão são produzidos açúcares redutores que são responsáveis pela cor das dextrinas, quanto mais drástico o tratamento, mais intensa a cor amarelada da dextrina.

No tempo de armazenamento foi perceptível que a claridade de pasta da amostra A (amido de mandioca nativo) manteve-se constante, exceto no segundo dia que apresentou uma ligeira queda no valor da transmitância. A média de transmitância para essa amostra, durante os seis dias de avaliação, foi de 23, 85%. Enquanto isso, no estudo realizado por Ribeiro (2011) a transmitância para o amido de mandioca nativo foi de 59%. A diferença entre a claridade de pasta das amostras de amido deste estudo com o encontrado por Ribeiro pode ser atribuído a forma de extração, pois amidos que sofrem diferentes processos de extração e obtenção podem resultar em diferentes claridades de pasta (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2003).

5.1.6 Viscosidade aparente

Tabela 5- Viscosidade aparente do amido nativo e das dextrinas¹

Amostras	Viscosidade (Pa.s)	
	0 h	24 h
A	56,2 ^{aA} ± 0,78	60,0 ^{aB} ± 2,33
B	3,64 ^{bC} ± 0,16	3,86 ^{bC} ± 0,11
C	2,53 ^{cC} ± 0,18	2,44 ^{bC} ± 0,06
D	2,22 ^{cC} ± 0,16	2,35 ^{bC} ± 0,06

*A: amido nativo; B,C,D: amostras de amido de mandioca dextrinizadas, respectivamente, com 2,5, 5,0 e 7,5% de ácido láctico .¹ 14% de sólidos. Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna ou na mesma linha diferem estatisticamente entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey: letras minúsculas comparação na vertical e maiúsculas na horizontal.

Diante aos resultados da Tabela 5 verifica-se que a amostra A apresentou maior valor de viscosidade (56,2 Pa.s) no tempo inicial e 60,0 Pa.s após 24 h de armazenamento a temperatura de 4 °C. Resultado semelhante foi encontrado por Ribeiro (2011). No referido estudo, as análises de viscosidade realizadas para o

amido de mandioca nativo a temperatura de 71 °C, teve como resultado uma viscosidade de 41,58 Pa. s.

As amostras B, C e D apresentaram alta solubilidade e também baixos valores para viscosidade aparente e esses valores mantiveram-se constante após 24 h, e não diferiram estatisticamente entre si. As dextrinas são amidos hidrolisados que apresentam menor teor de amilose, baixo peso molecular, alta solubilidade e baixa viscosidade (WURZBURG, 2006).

Anjos (2013) encontrou valores de viscosidade notadamente superiores aos valores de viscosidade das amostras B, C e D. O amido de pinhão esterificado com 2,5 e 5,0% de ácido láctico apresentou viscosidade de 11,73 e 13,11 Pa.s no tempo inicial, no entanto, estes valores foram estatisticamente inferiores ao do amido de pinhão nativo, evidenciando a hidrólise do amido durante o processo de modificação. Ribeiro (2011) constatou em seu estudo que amidos que sofreram modificações químicas, como os amidos succinilados, acetilados e hidrolisados tendem a apresentar menores valores de viscosidade.

5.2 CARACTERÍSTICAS FUNCIONAIS

5.2.2 Estabilidade de ácido ascórbico

Os resultados obtidos por meio da Equação 9, para retenção de ácido ascórbico microencapsulado com diferentes materiais de parede podem ser visualizados na Tabela 7.

Tabela 6- Valores médios da retenção do ácido ascórbico.

Amostras	Teor de ácido ascórbico (AA %)			
	Tempo (dias)			
	0	15	30	45
B	89,1 ^{bB} ± 0,05	84,1 ^{bC} ± 0,21	80,2 ^{bCD} ± 0,14	76,9 ^{CD} ± 0,22
C	83,9 ^{bC} ± 0,05	76,4 ^{cD} ± 0,30	75,6 ^{cCD} ± 0,18	64,2 ^{dE} ± 0,30
D	92,7 ^{aA} ± 0,22	92,3 ^{aA} ± 0,17	92,1 ^{aA} ± 0,59	86,6 ^{aA} ± 0,19
Dextrina 17	89,4 ^{bB} ± 0,16	85,2 ^{bBC} ± 0,14	85,8 ^{aC} ± 0,25	79,1 ^{bcC} ± 0,34
Maltodextrina	93,4 ^{aA} ± 0,08	86,3 ^{bC} ± 0,10	86,0 ^{aC} ± 0,18	84,1 ^{abC} ± 0,17

*B,C,D: amostras de amido de mandioca dextrinizadas, respectivamente, com 2,5, 5,0 e 7,5% de ácido láctico Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna ou na mesma linha diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$) pelo teste de Tukey: letras minúsculas comparação na vertical e maiúsculas na horizontal.

Na Figura 12 são representados os teores de ácido ascórbico durante o tempo de armazenamento para cada material de parede.

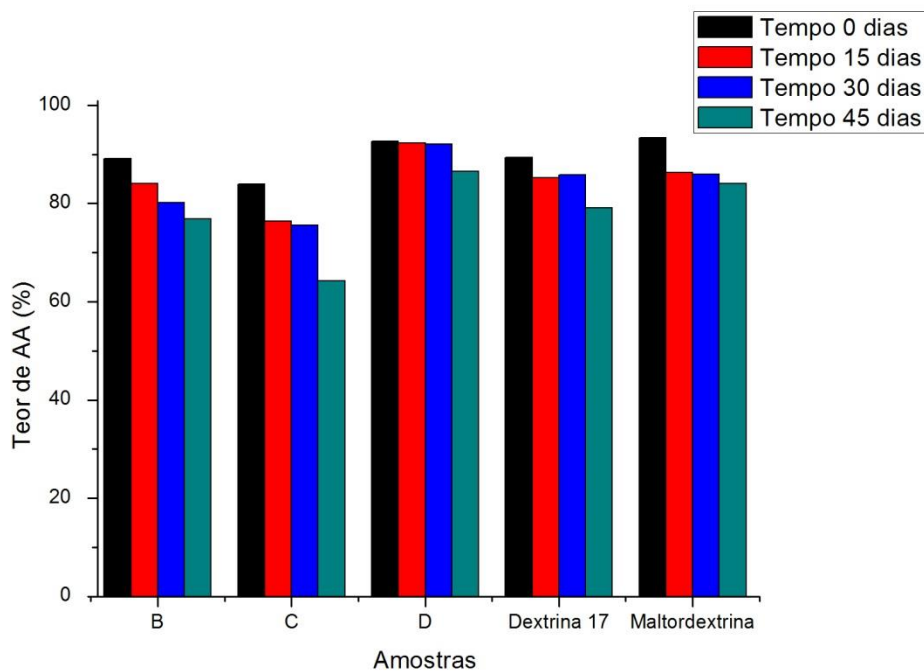


Figura 12- Representação gráfica da estabilidade do ácido ascórbico microencapsulado com diferentes materiais parede.

*A: amido nativo; B, C, D: amostras de amido de mandioca dextrinizadas, respectivamente, com 2,5, 5,0 e 7,5% de ácido láctico

O processo de secagem por *spray drying* teve o propósito de microencapsular o ácido ascórbico utilizando as dextrinas (B, C e D) e os agentes encapsulantes comerciais, dextrina 17 e maltodextrina 10 DE.

No tempo 0, logo após a encapsulação a maior retenção do ácido ascórbico foi obtidas com a dextrina D (amido dextrinizado com 7,5% de ácido láctico) e a maltodextrina. Estas apresentaram um teor de retenção de 92,7 e 93,4% respectivamente, não diferindo entre si ($p > 0,05$). Em contrapartida, em estudo realizado por Finotelli e Rocha-Leão (2005) a maltodextrina (19-22 DE) apresentou 100% de retenção de ácido ascórbico após a microencapsulação por pulverização.

Após 45 dias de avaliação da estabilidade do ácido ascórbico a amostra D apresentou perda de 6,1% enquanto a maltodextrina reduziu 9,3% do teor de vitamina C notando-se melhor eficiência de proteção da nova dextrina como agente encapsulante. Estes resultados foram inferiores aos encontrados por Finotelli e Rocha- Leão (2005); no referido estudo, a maltodextrina (19-22 DE) em 45 dias de armazenamento teve redução de 15% no teor de ácido ascórbico.

A maior retenção e preservação do ácido ascórbico ao longo de 45 dias de armazenamento pela dextrina D pode estar relacionada pelo maior grau de esterificação (4,57%) em relação as dextrinas A (1,64%) e B (2,51%), modificação que foi corroborada pelo surgimento no espectro FTIR de um novo pico na região de 1750 cm^{-1} característico de amidos esterificados e ausente no amido nativo. A introdução do grupo lactilo $[\text{CH}_3(\text{OH})\text{-COO}]$, altamente hidrofílico, nas macromoléculas do amiláceo aumenta a capacidade da dextrina de interagir com outras substâncias hidrofílicas, como o ácido ascórbico, através de ligações de hidrogênios. Esta maior afinidade entre o material de parede (dextrina D) e substância encapsulada pode ser a razão da maior retenção e preservação (retenção) da vitamina C.

Por outro lado, as amostras B, C e a Dextrina 17 apresentaram comportamento inferior as demais amostras. As perdas de vitamina C durante o período de armazenamento de 45 dias foram de 12,2, 19,7, 10,3% respectivamente. Observou-se que o teor de ácido ascórbico perdido pela amostra C foi mais pronunciado quando comparado com as demais amostras. A perda de vitamina C encontrada nesta pesquisa foi notadamente superior a realizada por Finotelli e Rocha-Leão (2005). Os autores constataram uma perda de 19% de ácido ascórbico microencapsulado com Capsul® (dextrina octenilsuccinilada de amido de milho ceroso).

De acordo com Azeredo (2005), no momento em que o material é submetido ao processo de secagem por atomização, pode ocorrer a retenção da substância no interior do material de parede formando a microcápsula no qual o mesmo fica protegido. Outro caso que pode ocorrer é a substância ficar aderida na superfície da microcápsula. Dessa forma, as substâncias ficam menos protegidas e tendem a sofrer o processo de oxidação mais rapidamente, em consequência, maior perda do ácido ascórbico.

6 CONCLUSÃO

Notou-se que pelo método químico as três amostras de dextrinas (B, C e D) foram esterificadas com ácido láctico, no entanto, a análise pela espectroscopia FTIR identificou presença de pico em 1750 cm^{-1} característico da ligação éster, apenas na dextrina D. A controvérsia nos resultados pode ser justificada pela diferença dos métodos, no qual o método analítico quantifica todos os grupos que reagem com o hidróxido de sódio, já o método qualitativo FTIR identificou a presença do grupo éster.

Concluiu-se que com o aumento da concentração de ácido láctico usada na termoconversão resultou em amidos mais hidrolisados, obtendo-se dextrinas com baixo teor de amilose, alta solubilidade e baixa viscosidade aparente.

A amostra D apresentou a maior retenção (92,7%) e menor perda (6,1%) de ácido ascórbico durante o período de 45 dias de armazenamento quando comparada com os demais materiais encapsulantes utilizados. . Com isso, concluiu-se que o amido dextrinizado com 7,5% de ácido láctico por apresentar grupo lactilo teve maior afinidade com ácido ascórbico.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABURTO, L. C.; TAVARES, D. Q.; MARTUCCI, E. T.; Microencapsulação de óleo essencial de laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.18, n.1, p.45-48. 1998.

ALVES, F. C. G. B. **Propriedades funcionais do amido de mandioca esterificado com ácido esteárico**. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Tecnólogo em Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Campo Mourão, 41p., 2013.

ANJOS, G. R. **Obtenção e caracterização de farinha e amido de pinhão nativos e esterificados com ácido láctico**. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Tecnólogo em Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Campo Mourão, 54p. 2013.

APLEVICZ, K. S. **Caracterização de produtos panificados à base de féculas de mandioca nativas e modificadas**. Dissertação (Mestre em Ciências e Tecnologia de Alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa, 131p. 2006.

ASSISTAT. **Software Assistat**, 2013. Disponível em: <<http://assistat.com/indexp.html>>. Acesso em: 10 mar. 2013.

AZEREDO, H. M. C. Encapsulação: Aplicação à tecnologia de alimentos. **Revista Alimentos e Nutrição**. v.16, n.1, p. 89-97, 2005.

BENINCA, C. **Emprego de técnicas termoanalíticas na análise de amidos nativos e quimicamente modificados de diferentes fontes botânicas**. 2008. 76p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

BERNARDES, J. **Técnica de microencapsulação mantém efeito protetor do ácido ascórbico em alimentos**. Publicado em Tecnologia por Redação em 25 de fevereiro de 2014. Disponível em:< <http://www5.usp.br/40709/tecnica-de-microencapsulacao-mantem-efeito-protetor-do-acido-ascorbico-em-alimentos/>> Acesso em: 20 de Out. 2014.

BLENNOW, A. Starch bioengineering. In: ELIASSON A. (Ed.). **Starch in food: Structure, function and applications**. Cambridge: Woodhead Publishing, p.97-127, 2004.

BRASILEIRO, J. S. L. **Microencapsulação de compostos bioativos: Inovação em diferentes áreas**. 2011. 71p. Trabalho (Mestrado Integrado em Ciências Farmacêuticas)- Universidade Fernando Pessoa, Faculdade de Ciências da Saúde, Porto, 2011.

BREUNINGER, W. F.; PIYACHOMKWAN, K.; SRIROTH, K. Starch use in food. In: BeMILLER, J. N.; WHISTLER, R. L. **Starch: chemistry and technology**. 3. ed. New York: Academic Press, p.193-227, 2009.

CARDOSO, E. M. R.; AGUIAR, O. J. R.; **Utilização da Mandioca na indústria de compensados de Madeira. Ministério da Agricultura e Pecuária.** ISSN 1515-2244, Bélem-PA, Janeiro, 2003.

CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada). **Indústria de fécula de mandioca atinge R\$ 1 bilhão.** Disponível em: <revistagloborural.globo.com/Noticias/Agricultura/Hortifruti/noticia/2014/04/cepea-industria-de-fecula-de-mandioca-atinge-r-1-bilhao.html>. Acesso em: 20 jun. 2014.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F.; DEMIATE, I. M. **Amidos modificados.** In: Série culturas de tuberosas amiláceas latino americanas. São Paulo: Fundação Cargill, v. 3, cap. 12 p. 272-289, 2003.

CONSTANT, P. B. L. **Microencapsulamento de bixina: agentes encapsulantes, avaliação da qualidade e aplicações.** 136f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – UFV, MG, 1999.

COSTA, J. M. G.; **Eficiência de diferentes encapsulantes e condições operacionais de secagem por atomização na produção e aplicação de micropartículas de bioaroma de queijo suíço.** Tese (Doutor em Ciências de Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 151p. 2013.

COMUNIAN, T. A. **Microencapsulação de ácido ascórbico por coacervação complexa e dispositivos microfluídicos: estudo estrutural, estabilidade e aplicação das microcápsulas.** 2013. 183p. Dissertação (Mestrado em Ciências)-Universidade de São Paulo-Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Pirassununga, 2013. Disponível em:http://www.lareferencia.info/vufind/Record/BR_8b00cfa56bacce569bf50bbc3247386e Acesso em: 20 de Out de 2014.

DAMODARAN, S. ; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DEMNMARCK, S. P. A; Determination of Alkali Lability. **Rev. LT**,1999. Disponível em: < <http://www.starch.dk/isi/methods/23labil.htm>> Acesso em: 13 de Out de 2014.

DESHPANDE, S. S; SALUNKHE, D. K; DESHPANDE, U. S. Food acidulants. In: MAGA, J. A.; TU, A. T. (E). **Food additive toxicology.** New York: Marcel Dekker, p. 11-87, 1995.

DRANGUNSKI, D. C.; PAWLICKA, A. Preparation and characterization of starch grafted with toluene poly (propylene oxide) Diisocyanate. **Materials Research**, v. 14, n. 2, p. 77-81, 2001.

EVORA, M. C; GONÇALEZ, O. L; DUTRA, R. C. L.; DINIZ, M. F.; WIEBECK, H.; SILVA, L. G. A. Comparação de técnicas FTIR de transmissão, reflexão e fotoacústica na análise poliamida-6, reciclada e irradiada. **Polímeros: Ciências e Tecnologia.** v. 2, n.1, p. 60-68, 2002.

FINOTELLI, P. V.; ROCHA-LEÃO, M. H. M. **Microencapsulation of ascorbic acid in maltodextrin and capsul using spray-drying**, 2005.

FRANCO, C. M. L. et al. Structural and functional characteristics of selected soft wheat starches. **Cereal Chemistry**, v. 79, n. 2, p. 243-248, 2002.

GUILHERME, A. A.; PINTO, G. A. S.; RODRIGUES, S.; Avaliação da produção de ácido láctico por *Leuconostoc mesenteroides* B512F em xarope de caju. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 29, n.4, p.738-747, 2009.

HAMINIUK, C. W. I.; SIERAKOWSKI, M-R.; IZIDORO, D. R.; MACIEL, G. M.; SCHEER, A. P.; MASSON, M. L. Comportamento reológico de sistemas pécticos de polpas de frutas vermelhas. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 29, n.1, p.225- 231, 2009.

HENRÍQUEZ, C.; ESCOBAR, C.; FIGUEROLA, F.; CHIFFELLE, I.; SPEISKY, H.; ESTÉVEZ, A. M Characterization of piñon seed (*Araucaria araucana* (Mol) K. Koch) and the isolated from the seed. **Food Chemistry**, 107, 592-601, 2008.

HIGUITA, D. M. C. **Microencapsulação de oleoresina de cúrcuma (*Curcuma longa* L.) em misturas de goma arábica, maltodextrina e amido modificado**. Dissertação (Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 87p. 2013.

INGREDION. **Technical service bulletin.: Capsul®**. 2012 Disponível em: <<http://www.foodinnovation.com/foodinnovation/ens/Search/Pages/IngredientSearch.aspx?region=2&searchterms=CAPSUL>> . Acesso em: 20 de Out. 2014.

ISO. **Determination de la teneur en amylose**. ISO 6647. International Organization for Standardization, Suíça, 1987.

JUNIOR, W. T. Efeito das modificações no processo de encapsulação de óleo de alho por *spray drying*. Dissertação(Mestre em Engenharia de Processos). Universidade da Região de Joinville. Joinville, 81p. 2012.

KASICA et al. **Highly soluble, hydratable, viscous, solution stable pyrodextrins, process of making and use thereof**. U. S. Patent , US 6191116 B1, Feb.20, 2001.

LEACH, H. W.; MCCOWEN, L. D.; SCHOCH, T. J. Structure of the starch granule. II. Swelling power and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v. 36, p. 534-544, 1959.

LIGHT, J. M. Modified food starches: why, what, where and how. **Cereal Foods World**, v. 35, n.11, p.1081-1092, 1990.

LOKSUWAN, J. Characteristics of microencapsulated b-carotene formed by spray drying with modified tapioca starch, native tapioca starch and maltodextrin. **Food Hydrocolloids**, v.21, p.928-935, 2007.

MAJZOBI, M.; BEPARVA, P. Effects of acetic acid and lactic acid on physicochemical characteristics of native and cross-linked wheat starches, **Food Chemistry**, v. 35 147, p. 312–317, 2014.

MASON, R. W. Starch use in food. In: BeMILLER, J.N.; WHISTLER, R.L. **Starch: chemistry and technology**. 3. ed. New York: Academic Press, p.745-795, 2009.

MATSUGUNA, L. S. **Caracterização do amido de mandioca salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. 2006. 111p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2006.

MENDES, L. G. **Microencapsulação do corante natural de urucum: uma análise da eficiência da goma do cajueiro como material de parede**. Dissertação (Mestre em Tecnologia em Alimentos). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 131p., 2012.

MOREIRA, G. E. G. **Obtenção e caracterização de extrato microencapsulado de resíduo agroindustrial de acerola**. 2007. 72p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química)- Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2007.

MORIKAWA, K ; NISHINARI, K. Effects of concentration dependence of retrogradation behaviour os dispersions for native and chemically modified potato starch. **Food Hydrocolloids**, v. 14, p. 395-401, 2000.

ÓBON, J. M.; CASTELLAR, M. R.; ALACID, M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. A. Production of red-purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model system. **Journal of Food Engineering** 90, 471-479, 2009.

ORIGIN., **Software OriginPro 8.0, 2014**. Disponível em:< http://softadvice.informer.com/Origin_Pro_8.0_Download.html>. Acesso em: 10 jun. 2014.

PAGANI, M. M. **Obtenção de suco de acerola (*Malpighia emarginata* d.c.) Concentrado e pós-estáveis através da integração dos Processos de separação por membranas e Microencapsulação por atomização**. 2010. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos)- Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010.

PULIDO, A.; BERISTAIN, C. I. Encapsulación de ácido ascórbico mediante secado por aspersión, utilizando quitosano como material de pared. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**. v.9,n.2, p. 189-195, 2010.

RIBEIRO, A. P. L. **Estudo dos amidos de mandioca nativo, modificados e modificados combinados por via química para utilização na indústria alimentícia**. Tese (Doutorado em Ciências e Tecnologia de Alimentos). 2011. Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 109p., 2011.

ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioca-asla (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 3, p. 620-628, 2008.

RUTENBERG, M. W.; SOLAREK, D. Starch derivatives: production and uses. In: WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J. N. ; PASCHALL, E. F. **Starch: chemistry and technology**. 2 ed. Orlando: Academic Press, p. 312-388, 1984.

SANTOS, T. P. R. **Produção de amido modificado de mandioca com propriedade de expansão**. 2012. 95p. Dissertação (Mestre em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2012.

SARAIVA, A. L. G; SILVA, C. E. M.; CLEMENTE, E. Efeito do ácido ascórbico em massa de pão na presença do ácido tânico. **Acta Scientiarum. Technology**. v. 32, n. 2, p. 207-211, 2010.

SCHWARTZ, D.; WHISTLER, R. L. Starch use in food. In: BeMILLER, J. N.; WHISTLER, R. L. **Starch: chemistry and technology**. 3. ed. New York: Academic Press, p. 745-795, 2009.

SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N. S.; GILL, B. S. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. Review. **Food Chemistry**, v. 81, p. 219-231, 2003.

SMITH, R. J. Characterization and analysis of starches. In: WHISTLER, R.L.; PASCHALL, E.F. **Starch: chemistry and technology**, v. 2. Industrial aspects. New York: Academic Press, p.569-635, 1967.

SPADA, J. C. **Uso de amido de pinhão como agente encapsulante**. 2011. 147f. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2011.

TONON, R. V.; BRABET, C.; RUBINGER, M. D. Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray-drying. **Journal of Food Engineering**, v. 88, p. 411-418. 2008.

TOSONI, S. F.; RODRIGUES, V. C.; **Características físico-químicas e antioxidantes de própolis microencapsulada com diferentes tipos de materiais encapsulantes**. Trabalho de Conclusão de Curso (Título de Tecnólogo em Alimentos). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 33p.2013.

TRINDADE, M. A. **Microencapsulação de ácido ascórbico e avaliação de sua funcionalidade na estabilidade de cor em produtos cárneos curados**. 1998. 64p. Tese (Mestre em Ciências da Nutrição) - Universidade Estadual de Campinas- Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, 1998

VANNUCHI, H.; ROCHA, M. M. Funções Plenamente Reconhecidas de Nutrientes - Ácido ascórbico (Vitamina C). São Paulo: ILSI Brasil – **International Life Sciences Institute do Brasil**, 2012. ISBN 978-85-86126-39-0. v. 21, 11p. 2012.

VILELA, E. R., FERREIRA, M.E. 1987. Tecnologia de produção e utilização do amido de mandioca. **Inf. Agropec.**, 13(145):69-73.

XIE, S. X; LIU, Q; CUI, S. W. Starch Modification and Applications. In: CUI, S. W. (E.). **Food carbohydrates: chemistry, physical properties, and applications**. Boca Raton: CRC Press, cap. 8, 2005.

XIE, X; LIU, Q. Development and physicochemical characterization of new resistant citrate starch from different corn starches, **Starch/Stärke**, v. 56, p. 364–370, 2004.

WEE, Y. J.; KIM, J.-N; RYU, H.-W. Biotechnological production of lactic acid and its recent applications. **Food Technology and Biotechnology**, v. 44, n. 2, p. 163-172, 2006.

WURZBURG. O.B. **Modified starches: properties and uses**. Boca Raton: CRC Press, 277p. 1986.

WURZBURG, O. B. Modified starch. In: STEPHEN, A. M.; PHILLIPS, G. O.; WILLIAMS, P. A. (Ed.). **Food Polysaccharides and their applications**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, p.86-118, 2006.

ZENEON, O.; PASCUET, N. S.; TIGLEA, P. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020p., 2008.