

UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

RAYSSA DIAS BATISTA

**AMIDO FERMENTADO DE ALPISTE (*Phalaris canariensis* L.)
ENRIQUECIDO COM MICROCÁPSULAS CONTENDO
COMPOSTOS POLIFENÓLICOS DE CASCA E SEMENTE DE
JABUTICABA (*Myrciaria cauliflora*)**

Goiânia
2019

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinadas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

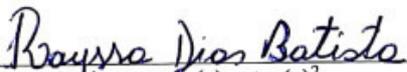
Nome completo do autor: Rayssa Dias Batista

Título do trabalho: Amido fermentado de alpiste (*Phalaris canariensis* L.) enriquecido com microcápsulas contendo compostos polifenólicos de casca e semente de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*).

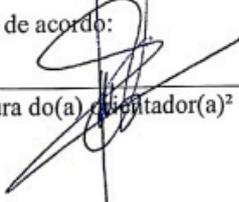
3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do(a) autor(a)²

Ciente e de acordo:


Assinatura do(a) autor(a)²

Data: 18 / 03 / 2019

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

RAYSSA DIAS BATISTA

**AMIDO FERMENTADO DE ALPISTE (*Phalaris canariensis L.*)
ENRIQUECIDO COM MICROCÁPSULAS CONTENDO
COMPOSTOS POLIFENÓLICOS DE CASCA E SEMENTE DE
JABUTICABA (*Myrciaria cauliflora*)**

Dissertação apresentada à Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás, como exigência para a obtenção do título de mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri

Co-orientadora: Profa. Dra. Clarissa Damiani

Co-orientadora: Profa. Dra. Elaine Meire de Assis
Ramirez Asquieri

Goiânia
2019

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Dias Batista, Rayssa

Amido fermentado de alpiste (*Phalaris canariensis* L.) enriquecido com microcápsulas contendo compostos polifenólicos de casca e semente de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) [manuscrito] / Rayssa Dias Batista. - 2019.

CXXXIV, 134 f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri; co-orientador Profa. Dra. Clarissa Damiani; co-orientador Profa. Dra. Elaine Meire de Assis Ramirez Asquieri

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos (EAEA), Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Goiânia, 2019.

Bibliografia. Anexos. Apêndice.

Inclui lista de figuras, lista de tabelas.

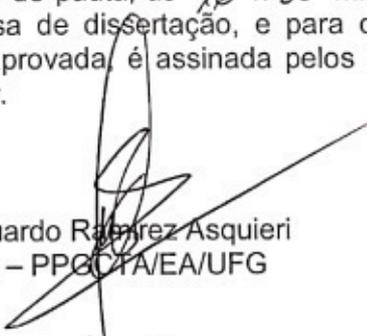
1. Alginato de sódio. 2. Amido não convencional. 3. DCCR. 4. Propriedade de expansão. 5. Processo fermentativo. I. Ramirez Asquieri, Dr. Eduardo, orient. II. Título.

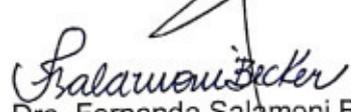
CDU 664



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
MESTRADO

ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE RAYSSA DIAS BATISTA. Aos Vinte e sete dias do mês de fevereiro de 2019 (27/02/2019), às 14h00min. Reuniram os componentes da Banca Examinadora: Prof. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri – Orientador – PPGCTA/EA/UFG, a Profa. Dra. Fernanda Salamoni Becker – EA/UFG e a Prof. Dr. Diego Palmiro Ramirez Ascheri – UEG/GO, para sob a presidência do primeiro, e em sessão pública realizada na sala 210 – prédio Pequi - EA/UFG, proceder a avaliação da defesa de dissertação intitulada: "**Amido fermentado de alpiste (*Phalaris canariensis* L.) enriquecido com microcápsulas contendo compostos polifenólicos de casca e semente de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*)**", em nível de MESTRADO, área de concentração em CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, de autoria de **RAYSSA DIAS BATISTA**, discente do Programa de PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pelo presidente da Banca Examinadora, Prof. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da dissertação, que, em 43 minutos, procedeu a apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca fez arguição da examinada, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa, tendo-se em vista o que consta na Resolução nº. 1403/2016 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, e procedidas às correções recomendadas, a dissertação foi **Aprovada (X) Reprovada ()** e, para fins de expedição do diploma de **MESTRE EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**, na área de concentração em CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS pela Universidade Federal de Goiás, a mesma deverá proceder de acordo com as normas, nos termos do artigo 68 da resolução do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Cumpridas as formalidades de pauta, às 16 h 00 min., a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação, e para constar, lavrou-se à presente Ata, que, depois de lida e aprovada, é assinada pelos membros da Banca Examinadora em três vias de igual teor.


Prof. Dr. Eduardo Ramirez Asquieri
Presidente – PPGCTA/EA/UFG


Dra. Fernanda Salamoni Becker
Membro – EA/UFG


Prof. Dr. Diego Palmiro Ramirez Ascheri
Membro – UEG/GO

Dedico...

A Deus que me conduziu pelo melhor caminho, e me deu força e sabedoria para concluir este projeto. Aos meus pais Raimundo e Dasirê e aos meus irmãos Ryhára e Ryhan que sempre torceram pelo meu sucesso e não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa da minha vida. A toda a minha família e amigos pelo incentivo e apoio constante.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força e coragem durante toda esta longa caminhada e que sem a fé que eu tenho nele não chegaria até aqui.

Aos meus pais Raimundo e Dasirê que merecem o maior agradecimento por sempre estarem ao meu lado, se dedicando e tentando fazer o melhor para que a caminhada não fosse difícil. Muito obrigada pelos momentos de conforto, de amor e de alegria, vocês são meus exemplos de vida.

À minha irmã/amiga Ryhára que sempre esteve ao meu lado, me apoiando e ajudando a enfrentar momentos de desespero. Ao meu irmão Ryhan que torceu sempre por mim.

Aos meus familiares que tornaram essa caminhada mais fácil pela compreensão em momentos de ausência.

Ao meu orientador Professor Doutor Eduardo Ramirez Asquieri, que admiro muito pela sua competência e sabedoria. Muito obrigada pela oportunidade de desenvolver o projeto ao seu lado, com certeza sua orientação contribuirá para o meu crescimento profissional. E também à Professora Doutora Clarissa Damiani por sempre se mostrar disposta a ajudar no que eu precisasse.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos que foram muito importantes nessa caminhada. Aos meus amigos de sala Bruna Melo Miranda, Danilo José Machado de Abreu e Raquel Troncoso Chaves Moreno, compartilhamos momentos de alegrias, tristezas, desespero e espero compartilhar ainda muitos momentos bons ao lado de vocês. Com certeza vou levar a amizade de todos para a vida toda.

Agradeço, também, à minha amiga Dianiny de Cássia Sousa Mendes, por ter me acolhido em seu projeto. Muito obrigada pela sua compreensão, dedicação, esforço e companhia durante a realização dos experimentos.

Devo agradecer, também, aos amigos do Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos, da Faculdade de Farmácia na Universidade Federal de Goiás, Aline Gomes de Moura e Silva, Jéssyca Santos Silva e Ilana Carneiro Rodrigues que me ajudou e proporcionou momentos inesquecíveis. Levarei comigo a amizade de todas para o resto da minha vida.

Aos meus amigos Millena, Gabriela, Victor, Ana Carolina, Kayo, Sâmara, Rosi, Leonardo, Raiana, Débora, Tallyta, Sandy, Mayra, Wéllida, Larissa e Ádna que sempre estiveram ao meu lado durante todo esse tempo e aos meus amigos que moram em Goiânia e

Anapólis, Paulo Victor Moreira Guimarães e Isabella de Moraes Guimarães Silva, obrigada pela compreensão em momentos de ausência, sem o apoio de vocês eu não conseguiria.

Agradeço ao Professor Doutor Diego Palmiro Ramirez Ascheri pelas análises realizadas no Laboratório de Análise Instrumental da Universidade Estadual de Goiás. Obrigada pelo apoio e dedicação em ajudar na minha pesquisa.

Agradeço a Pesquisadora Doutora em Ciência de Alimentos Priscila Zaczuk Bassinello e a Empresa Embrapa Arroz e Feijão® por contribuir com a minha pesquisa.

A Faculdade de Farmácia e ao Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos, por ter disponibilizado o espaço e estrutura para a realização dos experimentos.

À Universidade Federal de Goiás por contribuir para o meu desenvolvimento profissional.

E a todos que, de alguma forma, ajudaram com a conclusão deste projeto.

A todos vocês...muito obrigada.

RESUMO

O grão de alpiste, também conhecido como canary seed, canary grass anual, canário grama, alpista, capim alpista e milho alpista, destaca-se como uma nova fonte de amido, composta por aproximadamente 60% desse carboidrato. As características desta cultura fazem dela um cereal favorável para aplicações alimentícias e industriais. A fermentação é um processo utilizado para modificar as estruturas do amido e bastante empregada para preparação de pão de queijo e biscoitos. A adição de polifenóis de jabuticaba enriqueceria esses produtos, entretanto é susceptível a oxidação por elementos externos como calor, luz e tempo de armazenamento. Neste caso, as técnicas emergentes de microencapsulação permitem melhorar a estabilidade desses compostos. O presente estudo teve como objetivo elaborar biscoitos a partir de amido fermentado de alpiste (*Phalaris canariensis* L.) e enriquecer com microcápsulas de compostos polifenólicos da mistura casca e semente de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*). As microcápsulas foram obtidas pelo delineamento experimental DCCR (delineamento composto central rotacional) variando a quantidade inicial de alginato de sódio e volume do extrato hidroalcolólico de casca e semente de jabuticaba. Um total de 11 tratamentos foi obtido com o maior teor de composto fenólico microencapsulado encontrado nos tratamentos 2, 8 e 4, sendo que a variável de volume de extrato mostrou ter maior influência sobre a resposta do teor de composto fenólico e eficiência de encapsulação. O processo fermentativo do amido ocorreu durante 45 dias de fermentação natural com posterior secagem ao sol. Os resultados das análises microbiológicas revelaram estar dentro dos limites estabelecidos pela legislação, com um aumento do teor de amilose e menor quebra de viscosidade e retrogradação que o amido nativo de alpiste. O amido fermentado de alpiste não apresentou capacidade de expansão e após adição das microcápsulas nos biscoitos, os tratamento 2 e 3 apresentaram maior teor de compostos fenólicos.

Palavras-chaves: alginato de sódio; amido não convencional; DCCR; propriedade de expansão; processo fermentativo.

ABSTRACT

Canary seed, also known as annual canary grass, canary grass anual, canário grama, alpista, capim alpista and milho alpista, stands out as a new source of starch, composed of approximately 60% of this carbohydrate. The characteristics of this crop make it a favorable cereal for food and industrial applications. Fermentation is a process used to modify starch structures and is widely used for the preparation of cheese bread and biscuits. The addition of polyphenols from jabuticaba would enrich these products, however it is susceptible to oxidation by external elements such as heat, light and storage time. In this case, emerging microencapsulation techniques allow to improve the stability of these compounds. The present study aimed to prepare biscuits from fermented canary seed starch (*Phalaris canariensis* L.) and to enrich with microcapsules of polyphenolic compounds of the seeds and peles jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*) mixture. The microcapsules were obtained by the experimental design DCCR (central rotational compound design) varying the initial amount of sodium alginate and volume of the hydroalcoholic seeds and peles jabuticaba. A total of 11 treatments were obtained with the highest content of microencapsulated phenolic compound found in treatments 2, 8 and 4, and the extract volume variable showed greater influence on the response of the phenolic compound content and encapsulation efficiency. The fermentation of the starch occurred during 45 days of natural fermentation with subsequent drying in the sun. The results of the microbiological analyzes were within the limits established by legislation, with an increase in the amylose content and lower viscosity and retrograde degradation than the native canary seed starch. Fermented canary seed starch did not show expansion capacity and after addition of the microcapsules in the biscuits, treatments 2 and 3 presented higher content of phenolic compounds.

Keywords: sodium alginate; unconventional starch; DCCR; expansion property; fermentative process.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1. Conteúdo aproximado de amilose e amilopectina presente em alguns vegetais.....	23
---	----

CAPÍTULO 2

Tabela 1. Rendimento do amido nativo e do amido fermentado de alpiste.....	55
Tabela 2. Análise microbiológica durante a elaboração do amido fermentado de alpiste.....	57
Tabela 3. Composição físico - química do alpiste, dos amidos nativo e fermentado.....	58
Tabela 4. Teores de macro e microminerais do alpiste, dos amidos nativo e fermentado.....	61
Tabela 5. Teor de amilose e amilopectina no amido nativo e fermentado de alpiste.....	62
Tabela 6. Propriedades da pasta do amido nativo e do amido fermentado de alpiste em comparação com o amido das variedades de alpiste (CDC MARIA e C05041).....	66

CAPÍTULO 3

Tabela 1. Fatores e níveis do planejamento fatorial.....	114
Tabela 2. Planejamento experimental DCCR usado para a superfície de resposta com 2 variáveis independentes para a produção de microcápsulas.....	118
Tabela 3. Análise de variância (ANOVA) pelo delineamento DCCR para o teor de composto fenólico microencapsulado.....	119
Tabela 4. Principais efeitos das variáveis independentes escolhidas sobre o teor de composto fenólico microencapsulado utilizando o planejamento experimental DCCR.....	119
Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) pelo delineamento DCCR para a eficiência de encapsulação.....	120
Tabela 6. Principais efeitos das variáveis independentes escolhidas sobre a eficiência de encapsulação utilizando o planejamento experimental DCCR.....	120
Tabela 7. Distribuição do tamanho das microcápsulas de extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba dos onze tratamentos do delineamento experimental.....	123
Tabela 8. Conteúdo de compostos fenólicos nos biscoitos com microcápsulas do extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba.....	125

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** (A) panícula; (B) espiga; (C) casca do grão com pelo (COGLIATTI; BODEGA; DALFONSO, 2014).....19
- Figura 2.** Figura 2. Fotomicrografia do grão de alpiste. (A) com pêlo e (B) sem pêlo e imagens dos grãos descascados de cor amarela e marrom (CDCS, 2018; COGLIATTI; BODEGA; DALFONSO, 2014).....20
- Figura 3.** Componentes do amido: amilose (A) e amilopectina (B).....22
- Figura 4.** Representação da região cristalina e amorfa do grânulo de amido (HANNAH; JAMES, 2008).....24
- Figura 5.** Representação do ponto hilo presente nos grânulos de amido (VAMADEVAN; BERTOFT, 2015).....24
- Figura 6.** Micrografia dos grânulos de amido sob luz polarizada (Martín; López, 2009).....25
- Figura 7.** Jabuticabeira e frutos de jabuticaba (Arquivo pessoal).....29
- Figura 8.** Estrutura química do alginato de sódio (SEGATO,2007)..... 32
- Figura 9.** Esquema mostrando a interação do íon de cálcio com a cadeia de ácido L-gulurônico (Modelo egg-box) (BRACCINI, PÉREZ, 2001).....32
- Figura 10.** Estrutura química da quitosana (COSTA SILVA et al., 2006).....33
- Figura 11.** Esquema mostrando a interação do alginato com íons de cálcio e quitosana (LAWRIE et al., 2007).....34
- Figura 12.** Esquema mostrando a interação do alginato com a gelatina (LI et al., 2011).....34
- Figura 13.** Método de extrusão por gotejamento.....35

CAPÍTULO 2

- Figura 1.** Fluxograma da produção de amido fermentado de alpiste.....50
- Figura 2.** Variação dos valores de pH e acidez durante a elaboração do amido fermentado de alpiste.....56
- Figura 3.** Propriedades de geleificação: amido nativo com diferentes concentrações e concentração mínima de geleificação obtida (A); amido fermentado com diferentes concentrações e concentração mínima de geleificação obtida (B).....63
- Figura 4.** Padrões de difração de raios X dos amidos nativo e fermentado.....64
- Figura 5.** Efeito da temperatura sobre: (A) índice de absorção de água (IAA) e (B) o índice de solubilidade em água (ISA) dos amidos nativos e fermentados de alpiste.....68

Figura 6. Microscopia eletrônica de varredura: grão de alpiste (A); amido nativo de alpiste (B); amido fermentado de alpiste (C).....70

Figura 7. Termogramas (TG) de decomposição térmica e seus derivados (DTG) do amido nativo (A) e fermentado (B).....71

CAPÍTULO 3

Figura 1. Aspecto visual das microcápsulas (EHCSJ) após secagem em temperatura ambiente: tratamentos 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11 com a mesma aparência (A); tratamentos 5 e 8 com a mesma aparência.....117

Figura 2. Superfície de resposta (A) e curvas de nível (B) para o teor de composto fenólico e superfície de resposta (C) e curvas de nível (D) para eficiência da encapsulação.....121

Figura 3. Perfis para valores previstos e desejabilidade da variável do teor de compostos fenólicos (A) e eficiência da encapsulação (B).....122

Figura 4. Microscopia eletrônica de varredura das microcápsulas (EHCSJ) dos onze tratamentos obtidos pelo delineamento experimental.....124

Figura A.1. Aspecto visual das microcápsulas úmidas (1-6).....132

Figura A.2. Aspecto visual das microcápsulas úmidas (7-11).....133

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	16
1. INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1. Alpiste (<i>Phalaris canarienses</i> L.)	18
2.2. Amido	21
2.2.1. Estrutura dos grânulos de amido.....	22
2.2.2. Gelatinização do amido.....	25
2.2.3. Retrogradação.....	26
2.3. Modificação do amido pelo processo de fermentação	27
2.4. Jabuticaba (<i>Myrciaria cauliflora</i>)	29
2.5. Microencapsulação	31
2.5.1. Matrizes para encapsulação.....	31
2.5.2. Complexo polieletrólito.....	33
2.5.3. Método de extrusão para microencapsulação	34
2.6. Aplicabilidade na indústria de alimentos	36
3. OBJETIVOS	37
3.1. Objetivo Geral	37
3.2. Objetivos Específicos	37
REFERÊNCIAS	38
CAPÍTULO 2	46
1. INTRODUÇÃO	47
2. MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1. Material	48
2.2. Elaboração do amido fermentado	48
2.2.1. Extração do amido nativo de alpiste	48
2.2.2. Processo fermentativo do amido.....	49
2.3. Composição físico - química do alpiste	51
2.4. Caracterização dos amidos nativo e fermentado de alpiste	51
2.4.1. Composição físico-química	51
2.4.2. Teor aparente de amilose e amilopectina	51
2.4.3. Propriedades de geleificação	51
2.4.4. Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA)	52

2.4.5.	Difração de raio-X	52
2.4.6.	Propriedade de pasta	53
2.4.7.	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	53
2.4.8.	Análise termogravimétrica (TGA)	53
2.5.	Propriedade de expansão dos biscoitos de amido fermentado	54
2.6.	Análise estatística	54
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
3.2.	Processo fermentativo do amido	54
3.3.	Composição físico-química	58
3.4.	Teor aparente de amilose e amilopectina	61
3.5.	Propriedades de geleificação	62
3.6.	Difração de raio-X	64
3.7.	Propriedade de pasta	65
3.8.	Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA)	67
3.9.	Análise morfológica	69
3.10.	Análise termogravimétrica (TGA)	70
3.11.	Propriedade de expansão do amido fermentado	72
4.	CONCLUSÃO	74
	REFERÊNCIAS	75
	ANEXO A – Normas de publicação Carbohydrate Polymers	83
	CAPÍTULO 3	109
1.	INTRODUÇÃO	110
2.	MATERIAL E MÉTODOS	111
2.1.	Material	111
2.2.	Elaboração do amido fermentado	111
2.3.	Extração dos compostos fenólicos da casca e semente de jabuticaba	112
2.4.	Preparação das microcápsulas	113
2.4.1.	Revestimento com quitosana	114
2.5.	Total de composto fenólico microencapsulado e eficiência da microencapsulação	114
2.6.	Microscopia eletrônica de varredura (MEV)	115
2.7.	Análise da estabilidade das microcápsulas nos biscoitos de amido fermentado .	115
2.8.	Análise estatística	116
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	116
3.2.	Produção das microcápsulas	116
3.3.	Tamanho e análise morfológica	122

3.4. Estabilidade das microcápsulas nos biscoitos de amido fermentado.....	124
4. CONCLUSÃO.....	126
REFERÊNCIAS.....	127
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	131
APÊNDICE A	132

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A procura por amidos e amidos modificados vem se intensificando cada vez mais, devido às suas inúmeras aplicações e propriedades funcionais exclusivas que atendem tanto indústrias alimentares no aumento da textura e consistência, como indústrias não alimentares na fabricação de papel, adesivos e embalagens (PÉREZ-PACHECO et al., 2014; ASCHERI et al., 2014).

O amido é um carboidrato de reserva energética dos vegetais podendo ser encontrado em cereais como milho, arroz, trigo e em raízes e tubérculos como a batata e a mandioca. Estudos estão sendo direcionados à procura por fontes alternativas não convencionais de amidos que não competem com os alimentos consumidos pela população, que não seja muito exigente quanto ao tipo de solo e que possam ser utilizados como matéria-prima nas indústrias (PÉREZ-PACHECO et al., 2014). Uma opção para a obtenção de amido de fonte alternativa é a utilização do alpiste (*Phalaris canariensis* L.) que pode ser cultivado facilmente onde o trigo é cultivado (COGLIATTI; BODEGA; DALFONSO, 2014).

O alpiste, grão utilizado quase que exclusivamente pelos pássaros, é produzida principalmente no Canadá, e é cultivado em outros lugares que apresentam clima temperado e regiões de zonas ribeirinhas (CDSC, 2018). Este alimento contém elevada concentração de amido (60%) e pequena porcentagem de proteínas, fibra alimentar e de gordura bruta, o que o torna um cereal promissor para obtenção de amido (IRANI et al., 2017).

Dentre as aplicações do amido, a produção de amido fermentado, como o polvilho azedo, tem se destacado e consiste na fermentação seguido de secagem ao sol, sendo que esta fermentação ocorre de forma espontânea pelos microrganismos presentes na matéria-prima e na água utilizada para a fabricação do polvilho azedo (AQUINO et al., 2016). A principal característica do polvilho azedo é a sua capacidade de se expandir durante o forneamento, sem a necessidade do uso de fermento e, também, não contém glúten. Por apresentar essas características tem sido bastante empregado para a fabricação de inúmeros produtos de panificação, principalmente pão de queijo e biscoitos (MONTENEGRO et al., 2008).

O enriquecimento dos produtos a base de amido fermentado é de suma importância, pois esses produtos são caracterizados de baixo valor agregado (MONTENEGRO et al., 2008). Desta forma, a jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*), pertencente ao cerrado goiano, tem

despertado um crescente interesse devido o seu alto teor de antocianina e de outros compostos fenólicos que podem ser usados como compostos bioativos em alimentos. Esses compostos atuam como antioxidante, anti-inflamatório, e apresenta atividade quimiopreventiva, antimutagênica e cancerígena (PEREIRA et al., 2018).

Por serem instáveis e apresentarem uma curta vida útil quando introduzidos em alimentos, uma alternativa para prolongar o efeito funcional desses compostos bioativos seria a utilização de tecnologias emergentes como a microencapsulação que permite a imobilização e a proteção de compostos em material encapsulante (WANG et al., 2017). Essas microcápsulas são capazes de manter sua estrutura diante de condições adversas do meio, sendo dissolvidas em condições específicas para liberar o material encapsulado no sítio de ação desejado (OLAIZOLA et al., 2016).

Neste contexto, a obtenção de amido a partir de fontes alternativas e a produção de amido fermentado suplementado com compostos polifenólicos da jabuticaba enriqueceria sua composição nutricional tornando um produto inovador. Além disso, a microencapsulação dos polifenóis vem sendo desenvolvida por diversos pesquisadores (GOMEZ-MASCARAQUE et al., 2017; ÚRZUA et al., 2017; ZOKTI et al., 2016) e tem mostrado ser altamente eficiente na estabilidade desses compostos quando agregados a um produto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Alpiste (*Phalaris canarienses* L.)

O alpiste, também conhecido como *canary seed*, canary grass anual, canário grama, alpista, capim alpista e milho alpista, é uma cultura que se originou no arquipélago conhecido como Ilhas Canárias, pertencente à Espanha (CDCS, 2018) e começou a ser exportada principalmente pelo Canadá (US \$ 84,6 milhões), Argentina (US \$ 13,7 milhões), Egito (US \$ 3,35 milhões), Países Baixos (US \$ 2,75 milhões) e Bélgica-Luxemburgo (US \$ 2,1 milhões) enquanto que o México (US \$ 19,5 milhões), o Brasil (US \$ 15,2 milhões), a Espanha (US \$ 10,2 milhões) e a Indonésia (US \$ 6,86 milhões) se tornaram os principais importadores por apresentar alta população de aves engaioladas (OEC, 2016). Atualmente, a província do Canadá Saskatchewan tornou-se o maior produtor e exportador mundial de alpiste em relação aos outros países (CDCS, 2018).

De acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 1993) o alpiste é definido como o grão proveniente da espécie *Phalaris canariensis*, L. pertencente à família Gramineae Poaceae e à subfamília Pooideae. A prática de produção e ciclo de vida do alpiste é semelhante às culturas de trigo, cevada, centeio e aveia (COGLIATTI, 2012) e devido a esta característica, o alpiste tem chamado atenção como fonte alternativa para extração de amido.

Por apresentar uma raiz rasa, o alpiste é mais sensível ao calor e à seca do que o trigo, mas é capaz de se adaptar bem em dias quentes, crescendo melhor em solos mais pesados que retenham umidade durante a estação de crescimento, por isso é considerada uma safra da estação fria (CDCS, 2018), mas segundo Cogliatti (2012) esse cereal é cultivado com sucesso onde o trigo é cultivado. Segundo o Observatório da Complexidade Econômica (OEC, 2016) o Brasil exporta principalmente a cultura de trigo quando comparado a outros produtos vegetais. Desta forma, torna-se vantajoso à plantação de alpiste no Brasil em solos capazes de cultivar o trigo, pois diminuirá a importação dos grãos de alpiste e conseqüentemente aumentará a renda de pequenos produtores.

O alpiste é um cereal que amadurece em aproximadamente 105 a 110 dias, atingindo altura de aproximadamente 1 metro. Seus talos são ocos e cilíndricos assemelhando-se ao bambu e suas folhas, flores e frutos estão dispostos em pequenas espigas como a cultura de

trigo. O grão é composto por casco amarelo brilhoso e liso, com cores variadas, que recobre a grão, apresentando forma elíptica, de tamanho pequeno, com comprimento de 3,9 a 5,1 mm e largura de 1,6 a 2,0 mm (COGLIATTI; BODEGA; DALFONSO, 2014; HUCL et al., 2001).



Figura 1. (A) panícula; (B) espiga; (C) casca do grão com pelo (COGLIATTI; BODEGA; DALFONSO, 2014).

Esse cereal é consumido principalmente pelos pássaros e o inconveniente para o consumo humano são os pelos presentes no casco do grão, compostos por silício e conhecidos como espículas siliciosas. Esses pelos são altamente irritantes quando entram em contato com a pele ou os pulmões humano e podem causar câncer no esôfago. Desta forma para solucionar tal problema vêm sendo utilizadas a mutagênese para obtenção de grãos sem pelos (ABDEL-AAL et al., 2010).

As variedades sem pelos ou glabras foram desenvolvidas pelo Dr. Pierre Hucl, do Centro de Desenvolvimento de Culturas da Universidade de Saskatchewan, província do Canadá e atualmente existem três variedades de alpiste com pelo (Keet, Cantate e Elias) e cinco variedades de alpiste sem pelos (CDC Maria, CDC Togo, CDC Bastia, CDC Calvi e C05041) registrados no Canadá (CDCS, 2018). A remoção dos pelos criou a oportunidade do alpiste ser usado para consumo humano (ABDEL-AAL, et al., 2011), sendo incluído como novos alimentos da *Health Canadá* e recebeu o status GRAS (*Generally Recognized as Safe*) da Food and Drug Administration dos EUA (HEYDARI; RAZAVI; IRANI, 2018). As variedades de alpiste cultivadas atualmente apresentam coloração marrom quando o casco é removido (grão) (Figura 2), desta forma, Dr. Pierre Hucl, do Centro de Desenvolvimento de Culturas da Universidade de Saskatchewan, vem desenvolvendo alpiste de coloração amarela

com o objetivo de fornecer um produto mais agradável para usos alimentícios. A primeira linha com grão amarelo já foi registrada e está disponível comercialmente na safra de 2018 (CDCS, 2018).

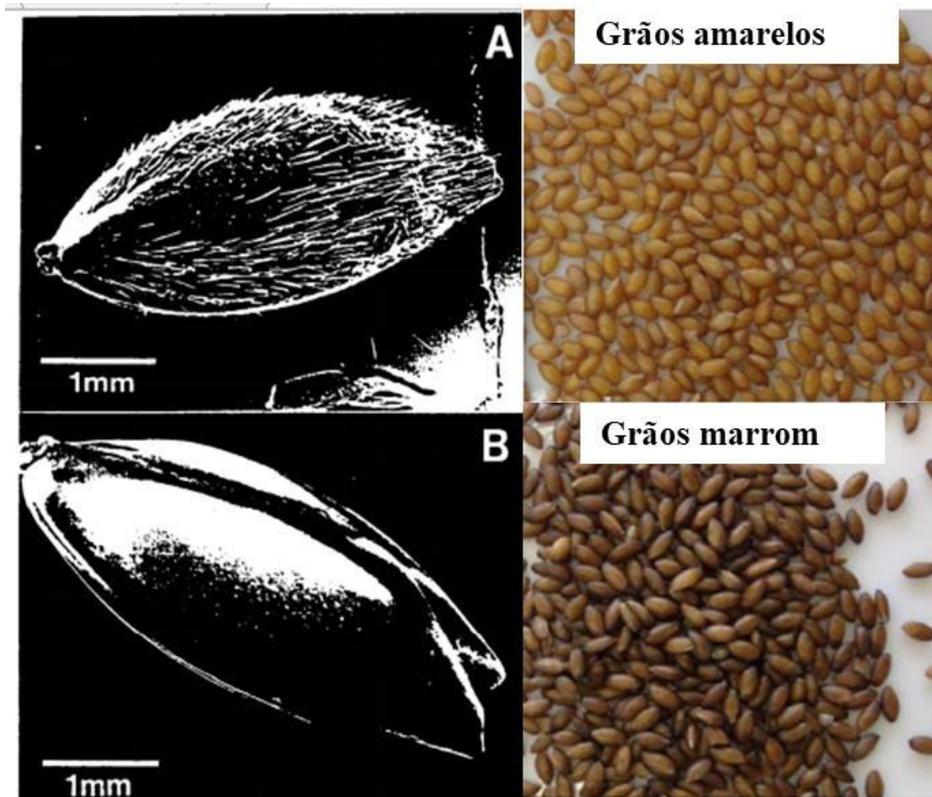


Figura 2. Fotomicrografia do grão de alpeste. (A) com pêlo e (B) sem pêlo e imagens dos grãos descascados de cor amarela e marrom (CDCS, 2018; COGLIATTI; BODEGA; DALFONSO, 2014).

Dentre os componentes químicos presentes no alpeste, o amido se destaca por apresentar a maior concentração (60%) que os outros componentes, como proteínas (20%), fibra dietética (7%) e lipídeos (8%) e apresentam grânulos pequenos e teor de amilose relativamente baixo (16,2 – 23,6%) (HEYDARI; RAZAVI; IRANI, 2018; ABDEL-AAL; HUCL; SOSULSKI, 1997b). É composto por proteínas semelhantes ao glúten, ricas em triptofano e por isso se torna um alimento com propriedades funcionais e nutricionais únicas (COGLIATTI, 2012). O seu lipídeo é altamente insaturado, composto principalmente por 55% de ácido linoleico, 29% oléico, 11% de palmítico e 2,5% de ácido linolênico. Entretanto seu óleo bruto apresenta excelente atividade antioxidante, pois contém ésteres de álcool esterol e triterpeno de ácido caféico que são componentes antioxidantes mais eficazes no óleo (ABDEL-AAL; HUCL; SOSULSKI, 1997).

A vantagem de se obter amido a partir do alpiste está relacionada ao rendimento de extração, que é de aproximadamente 92%, como também por exibir características reológicas e funcionais específicas em comparação com o amido de trigo, que são características promissoras e úteis em muitos processos alimentares, como formação de um gel rígido com maior estabilidade ao congelamento e descongelamento que o gel de amido de trigo (IRANI et al., 2017). Este amido tem a capacidade de melhorar as características texturais e reológicas de vários sistemas alimentares (HEYDARI; RAZAVI; IRANI, 2018).

A Comissão de Desenvolvimento de alpiste de Saskatchewan (CDCS, 2018) desenvolve pesquisa sobre a capacidade de o alpiste ser transformado em farinhas adequadas para aplicações em panificação, lanches e massas. O trabalho está sendo concluído e já foi possível observar que após a produção da farinha pela moagem de rolos, o uso de 100% de farinha de alpiste resultou em pães com volume menor que o pão de trigo e a cor do pão com farinha de alpiste, também, foi diferente do pão de trigo.

2.2. Amido

O amido é a principal fonte de reserva dos vegetais, podendo ser encontrado em grande quantidade na maioria dos cereais e tubérculos de importância mundial agrícola. Compreende cerca de 70% do peso seco desses vegetais e fornece até 80% das calorias consumidas pelos humanos e animais (HANNAH; JAMES, 2008). Dependendo da fonte de obtenção e dos fatores genéticos e ambientais, esse carboidrato apresentará diferentes características como também será produzido em diferentes concentrações (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

Segundo Silva et al. (2013), a palavra amido é designada a produtos amiláceos extraído das partes aéreas comestíveis dos vegetais, como a grão. Para os produtos amiláceos extraídos das partes subterrâneas comestíveis dos vegetais, como tubérculos, raízes e rizomas, é chamado de fécula. Esse carboidrato é a matéria-prima mais barata e abundante no mundo sendo que se distingue de outros por ser encontrada na natureza na forma de grânulos. Esses grânulos são insolúveis em água fria, mas ao serem aquecidos formam suspensão de alta viscosidade, podendo ser utilizados na indústria de alimentos como ligante, no controle da turbidez, na produção de polvilho, em filmes de cobertura, como reforçador de espuma, vitrificante, gelificante, na retenção de umidade, como estabilizante, texturizante e espessante (BEMILER; HUBER, 2010).

2.2.1. Estrutura dos grânulos de amido

Os grânulos são compostos por dois polissacarídeos: amilose e amilopectina e a concentração dos mesmos varia conforme a espécie e o grau de maturação. Outros compostos também podem estar presentes, como proteínas e lipídeos, dependendo da fonte vegetal, o qual influenciará nas propriedades do amido (MATIGNON; TECANTE, 2017; RIBEIRO; SERAVALLI, 2004). O estudo da estrutura dos grânulos é de suma importância, pois ajudará no entendimento das propriedades deste amido, como também em qual produto será aplicado.

A amilose é um polímero formado por uma cadeia linear, constituída por moléculas de glicose unidas por ligações glicosídicas α -1,4 (Figura 3a). Compõe de 15-30% do amido e apresenta uma estrutura helicoidal (α -hélice), que permite determinar o teor de amilose aparente por meio da interação do iodo com essa estrutura helicoidal (ALCÁZAR-ALAY; MEIRELES, 2015). O complexo iodo-amilose formado produz uma coloração azul intensa possibilitando assim a estimativa de sua concentração, em espectrofotômetro, sem a necessidade de fracionar o amido (REGO et al., 2004).

A amilopectina possui uma estrutura ramificada, constituída por moléculas de glicose unidas em α -1,4 e as ramificações ligações α -1,6 (Figura 3b). Esse polissacarídeo constitui cerca de 70 a 85% do amido comum e apresenta a forma esférica, sendo que suas ramificações estão dispostas em dupla hélice (ALCÁZAR-ALAY; MEIRELES, 2015). Alguns amidos apresentam, em sua constituição, apenas amilopectina e os alimentos que possui essa característica são chamados de cerosos ou alimentos com amidos de amilopectina. Essa denominação está relacionada com a superfície do miolo do pão apresentar uma aparência vítrea ou cerosa (presença de cera). Entretanto, não são todos os alimentos que apresentam essa característica, mas devido o primeiro alimento apresentar essa estrutura, todos os outros com amido composto apenas por amilopectina são classificados como cerosos (BEMILER; HUBER, 2010).

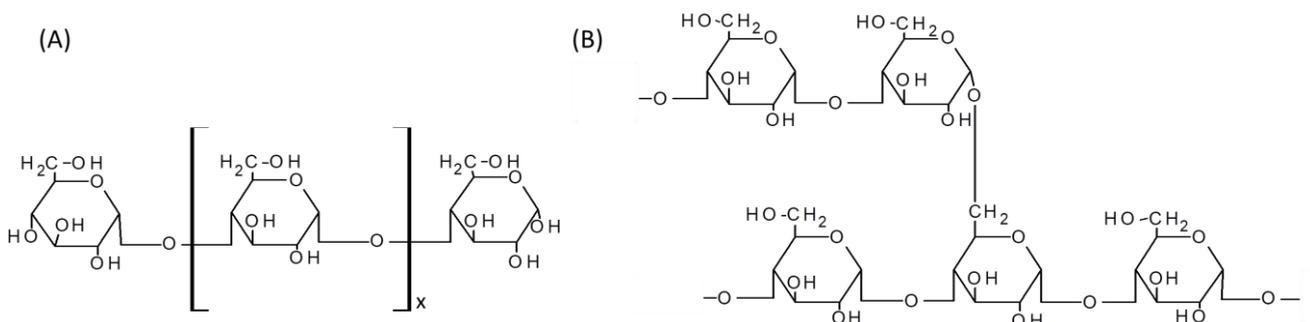


Figura 3. Componentes do amido: amilose (A) e amilopectina (B).

A proporção entre amilose e amilopectina determinará a funcionalidade do amido como, também, a organização estrutural da molécula, influenciando no processo de gelatinização e na viscosidade deste amido (ROCHA; DEMIATE; FRANCO, 2008). Durante o aquecimento dos grânulos de amido, a amilose é responsável pela viscosidade deste carboidrato e quando maior o teor de amilose maior será a viscosidade. Esta característica está diretamente relacionada à estrutura da amilose, que apresenta uma estrutura linear e então a resistência ao fluxo de água será maior e conseqüentemente a viscosidade também aumentará. Já a amilopectina é responsável pelo inchamento dos grânulos durante o aquecimento do mesmo, sendo que amidos ricos em amilopectina apresentarão a característica de serem mais solúveis que os amidos ricos em amilose (BEMILER; HUBER, 2010).

Ji et al. (2017) estudaram o comportamento do amido de milho em reômetro de alta pressão e o estudo revelou que os amidos com maior conteúdo de amilose (Gelose 50 e Gelose 80, contendo 50% e 80% de amilose, respectivamente) apresentaram maior viscosidade devido à estrutura compacta da amilose, enquanto que o amido de milho ceroso (100% de amilopectina) apresentou uma viscosidade menor.

A utilização de amido com elevado teor de amilose faz-se necessário quando o produto necessita apresentar característica mais crocante e resistente, enquanto que a utilização de amido com elevado teor de amilopectina pode ser empregada quando busca-se uma massa com mais maciez e maior expansão (VAMADEVAN; BERTOFT, 2015). A Tabela 1 apresenta alguns vegetais com sua proporção amilose/amilopectina.

Tabela 1. Conteúdo aproximado de amilose e amilopectina presente em alguns vegetais

Tipo de amido	Conteúdo de amilose (%)	Conteúdo de amilopectina (%)
Milho	23-32	68-77
Milho ceroso	0	100
Tapioca	17-33	67-83
Batata	18-29	71-82
Milho com alta amilose	55-70	30-45
Trigo	23-29	71-77
Arroz	16-19	81-84

Fonte: VAMADEVAN; BERTOFT, (2015)

O amido é encontrado na natureza na forma de grânulos e os polímeros de amilose e amilopectina formam os grânulos através das ligações de hidrogênio intra e intermoleculares. Esses grânulos apresentam como principal característica a organização em região cristalina e região amorfa (Figura 4) sendo a região cristalina ou zona cristalina representada pelas ramificações, em dupla hélice, da amilopectina que estão associadas em paralelo e a região

amorfa ou zona amorfa representada pelas cadeias de amilose e pelos pontos da ramificação, sendo que esta região é caracterizada por apresentar moléculas sem orientação particular (ASCHERI et al., 2014; BEMILER; HUBER, 2010).

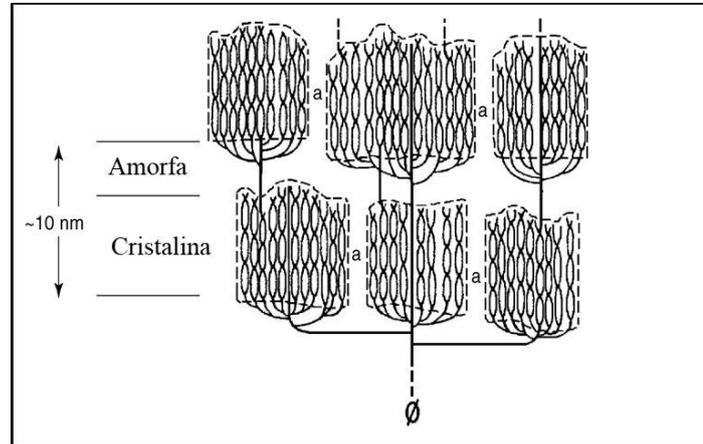


Figura 4. Representação da região cristalina e amorfa do grânulo de amido (HANNAH; JAMES, 2008).

Os grânulos de amidos são constituídos de diversas camadas (lamelas) superpostas em torno de um ponto chamado hilo, considerado o ponto inicial do crescimento dos grânulos, o qual está disposto em regiões cristalinas e regiões amorfas de forma alternada, como representado na Figura 5 (VAMADEVAN; BERTOFT, 2015).

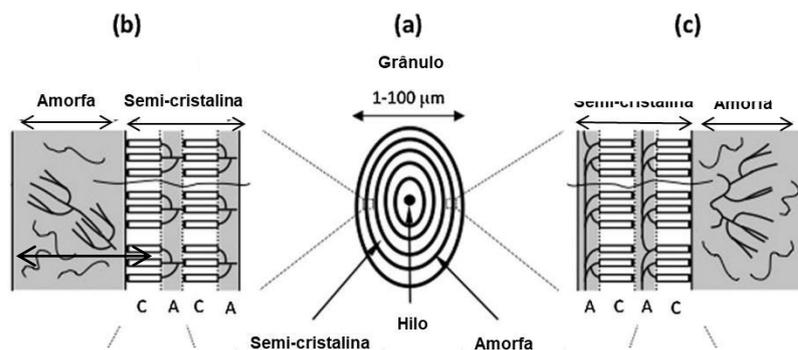


Figura 5. Representação do ponto hilo presente nos grânulos de amido (VAMADEVAN; BERTOFT, 2015).

As regiões cristalinas do amido são as responsáveis por manter a estrutura do grânulo, determinando seu comportamento em água e tornando-o resistente ao ataque enzimático (ROCHA; DEMIATE; FRANCO, 2008). Segundo Denardin e Silva (2009), o polímero de amilopectina é o principal responsável pela formação da cristalinidade do grânulo, pois

estudos têm relatado que a presença ou não de amilose nos grânulos de amido, não influencia no grau de cristalinidade. Desta forma, o alto grau de cristalinidade resultará em um aumento da temperatura de gelatinização, já que a cristalinidade fornece maior estabilidade ao grânulo e maior resistência ao processo de gelatinização. As zonas cristalinas são visualizadas a partir de um microscópio óptico sob luz polarizada, dando origem ao fenômeno de birrefringência. Esse fenômeno resulta na formação de uma “Cruz de malta” (Figura 6), caracterizando a orientação radial das moléculas. É válido ressaltar que o centro dessa cruz representa o ponto hilo, ou seja, o ponto de origem dos grânulos de amido (BEMILER; HUBER, 2010).

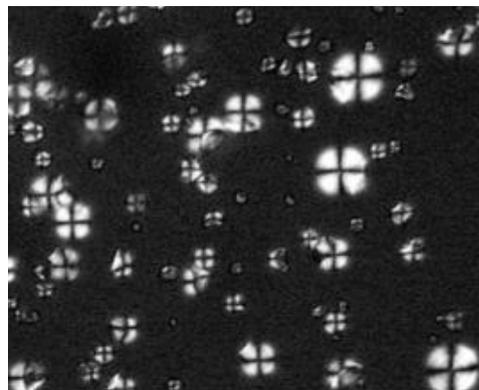


Figura 6. Micrografia dos grânulos de amido sob luz polarizada (Martín; López, 2009).

2.2.2. Gelatinização do amido

Naturalmente os grânulos de amido permitem que até 30 % de água entre na sua estrutura amorfa sem que ocorra mudança nas zonas cristalinas, sendo esse processo sem aquecimento (BEMILER; HUBER, 2010). A partir do momento que se insere temperatura, inicia-se um processo denominado gelatinização, o qual consiste no aquecimento do amido na presença de água, de forma que as moléculas começam a vibrar mais intensamente, quebram-se as pontes de hidrogênio intermoleculares, permitindo assim que a água penetre nas regiões cristalinas. Quanto maior a temperatura, mais água penetra nessas regiões, desencadeando a perda total das zonas cristalinas e da birrefringência. Durante o processo de gelatinização ocorre a lixiviação de compostos solúveis, como minerais e a amilose, principalmente se esse processo estiver sob forças de cisalhamento, no caso agitação, aumentando assim a viscosidade do amido. Além disso, ocorrerá o inchaço irreversível e se tornará transparente, formando então uma pasta (VAMADEVAN; BERTOFT, 2015).

A perda da birrefringência determina a temperatura de gelatinização do amido, sendo que os grânulos maiores gelatinizam primeiro que os grânulos menores. Pérez-Pacheco et al. (2014) estudaram o amido extraído da grão de *Brosimum alicastrum* e compararam os resultados obtidos com os do milho. Observaram que o amido do grão de *Brosimum alicastrum* exibiu temperatura de gelatinização maior que o amido de milho, o que poderia estar associado ao tamanho dos grânulos, pois o amido da grão *Brosimum alicastrum* apresentou grânulo menor quando comparado com o amido de milho. É válido ressaltar que ao aumentar a temperatura acima da temperatura de gelatinização ou utilizar uma força de cisalhamento (agitação), os grânulos já fragilizados com a temperatura romperão facilmente e então a viscosidade desta suspensão reduzirá.

O processo de gelatinização é influenciado por vários fatores, tais como o teor de amilose e amilopectina, de forma que amilopectina contribui para o inchamento do grânulo e a amilose retarda tal processo; o grau de cristalinidade; tamanho e a forma do grânulo de amido, como já demonstrado no trabalho citado anteriormente (ROCHA; DEMIATE; FRANCO, 2008).

2.2.3. Retrogradação

Após o processo de gelatinização, inicia-se o resfriamento da pasta, aumento da viscosidade e formação de gel. Esse evento é conhecido como retrogradação e consiste na reaproximação das moléculas, com formação de pontes de hidrogênios intermoleculares e expulsão da água absorvida durante a gelatinização (sinérese). Este amido retrogradado se torna insolúvel, irreversível e resistente ao ataque enzimático. Além disso, o processo de retrogradação ocorre mais facilmente na molécula de amilose, pois a mesma apresenta uma estrutura linear que facilita a aproximação das moléculas, permitindo assim melhor este processo (BEMILER; HUBER, 2010; RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

A retrogradação é visualizada principalmente durante o congelamento e degelo de alimentos, sendo que esse processo em determinadas situações devem ser evitadas para aumentar a estabilidade dos alimentos durante a estocagem (VAMADEVAN; BERTOFT, 2015; BEMILER; HUBER, 2010).

2.3. Modificação do amido pelo processo de fermentação

Um exemplo típico que passa por modificação do amido pelo processo de fermentação é o polvilho azedo de mandioca que tem sido bastante aplicado na indústria de panificação por pequenas e médias empresas. Este produto consiste na fermentação do amido extraído de cereais, de raízes ou de tubérculos, o qual o amido foi previamente lavado e seco. Esta fermentação ocorre espontaneamente, ou seja, de forma natural, sem o controle de qualidade, durante 30 a 60 dias na presença de água. Após a fermentação, se inicia a secagem ao sol durante 1 a 3 dias (MARCON et al., 2007).

De acordo com a Instrução Normativa nº 23 de 14 de dezembro de 2005 (BRASIL, 2005), o polvilho é caracterizado como o produto amiláceo extraído da mandioca (*Manihot utilisima*) e pode ser classificado em polvilho doce ou azedo a partir do teor de acidez. Para o produto fermentado (polvilho azedo), a acidez deve ser no máximo de 5 mL de NaOH N/100g (5%) e para o não-fermentado (polvilho doce) de 1 mL de NaOH N/100g (1%). A produção de amido fermentado a partir de outras fontes amiláceas não tem sido relatada na literatura, o que se torna inovador na produção de biscoitos.

A principal característica dos amidos fermentados de mandioca é a capacidade de expansão durante o forneamento, na ausência de fermento biológico ou outro agente químico, desta forma tem sido bastante utilizado na produção de pão de queijos e biscoitos. Neste processo, a massa expandida apresenta uma estrutura porosa, menos densa o qual é estabilizada pela gelatinização do amido e vaporização da água. Além disso, por não conter, é adequado para a elaboração de produtos de panificação isento desse composto (MONTENEGRO et al., 2008).

Durante a fermentação ocorre à hidrólise do amido pelas enzimas amilolíticas microbianas, e os produtos dessa hidrólise (glicose ou maltose) são consumidos pelos microrganismos presentes na suspensão amido e água, para produção de ácidos orgânicos. A fermentação é conduzida principalmente pelas bactérias do ácido-lático, responsáveis pela produção de ácido lático. Outros ácidos, como ácido acético e butírico, também são produzidos por outras bactérias participantes do processo fermentativo. Esses ácidos e as enzimas amilolíticas são as principais responsáveis pela modificação do amido (AQUINO et al., 2016; MONTENEGRO et al., 2008).

A fermentação espontânea ocorre a partir de uma sucessão microbiana entre bactérias do ácido lático (BAL), bactérias do ácido acético (AAB) e outras bactérias formadoras de ácido butírico e propiônico, leveduras e fungos (MIGUEL et al., 2012). Na primeira fase inicia-se

com o crescimento dos microrganismos aeróbios, facultativos e anaeróbios, com prevalência de bactérias ácido-láticas (BAL), como *Lactobacillus plantarum*, *Lactobacillus fermentum*, *Lactobacillus brevis* e *Leuconostoc mesenteroides*. Nesta fase ocorre o ataque de enzimas amilolíticas ao amido granular, fornecendo uma fonte de carbono para o metabolismo dos agentes de fermentação. A produção de ácido láctico pelas BAL diminui o pH, fornece um ambiente favorável para ocorrer à sucessão microbiana, e inibe o crescimento de microrganismos indesejáveis (PENIDO et al, 2018; ALONSO-GOMEZ et al., 2016).

Na segunda fase, as leveduras fermentativas, como *Pichia sp.*, *Geotrichum*, *Saccharomyces* e *Brettanomyces*, que são ácido-tolerantes, começam atuar utilizando todo o carboidrato fermentável residual, com isso fornecem fatores de crescimento para o desenvolvimento novamente das BAL. No terceiro estágio, ou etapa pós-fermentativa, pode ocorrer o crescimento de saprófitas e microrganismos contaminantes na superfície do produto fermentado.

O amido fermentado se torna mais solúvel, apresenta maior absorção de água e a pasta formada é menos viscosa que o polvilho doce (LADEIRA; PENA, 2011). Além disso, a fermentação ajuda a aumentar a digestão de proteínas e a biodisponibilidade de nutrientes, como também contribuem para o enriquecimento biológico através da biossíntese de vitaminas e aminoácidos essenciais (DI CAGNO; CODA, 2014). Algumas características como sabor e textura nos produtos são potencializadas ao se utilizarem este produto (CARVALHO et al., 1996).

Estudos realizados por diversos autores afirmam que tanto a fermentação láctica quanto a secagem ao sol é responsável no desenvolvimento da característica de expansão dos amidos fermentados durante o forneamento (MONTENEGRO et al., 2008). De acordo com Sandoval et al. (2014) existem duas hipóteses capazes de explicar a capacidade de expansão, sendo que a primeira é que durante a secagem ao sol por irradiação UV, à nível molecular, os radicais livres produzidos são capazes de oxidar e despolimerizar o amido, enquanto que à nível supramolecular, a estrutura do amido é modificada pelos ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação, modificando o processo de gelatinização.

Segundo Marconi et al. (2009), os ácidos orgânicos liberados durante a fermentação do amido, principalmente o ácido láctico, são capazes de produzir dextrinas de diferente grau de polimerização. Essas dextrinas estão intimamente ligadas à capacidade de expansão do polvilho azedo, pois durante o processo de secagem é capaz de se concentrarem nas regiões cristalinas, aumentando a cristalinidade dos grânulos e então durante o forneamento, a

temperatura elevada favorece a formação de uma rede polimérica, o qual expande pela pressão gerada dos gases aprisionados nessa estrutura.

2.4. Jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*)

Uma das frutas que veem se destacando entres as espécies encontradas no Brasil é a jabuticabeira, uma árvore de tamanho médio, com tendência a formar copa com grande número de ramos desde pouco acima do solo e produz a jabuticaba, que possui características de baga subgloboso, negro, quando maduro, liso, com 1,6 a 2,2 cm de diâmetro, contendo de 1 a 4 sementes (Figura 7). A casca é fina e muito frágil; a polpa é doce com leve acidez, de ótimo sabor e de cor branca a translúcida (MEIRA et al, 2016).

A jabuticabeira é uma planta tipicamente brasileira, originada na região de Minas Gerais, porém pode ser encontrada em toda a região centro-sul do país. A espécie que é mais encontrada e difundida no Brasil é a *M. cauliflora*, com duas variedades a *M. cauliflora* (DC) Berg (jabuticaba paulista ou jabuticaba ponhem ou jabuticaba assu) e a *M. cauliflora* (Vell) Berg (jabuticaba sabará) que produzem frutos apropriados tanto para a indústria como para consumo in natura (FERREIRA et al., 2018).



Figura 7. Jabuticabeira e frutos de jabuticaba (Arquivo pessoal).

A jabuticaba pode ser consumida “in natura” ou processada, sendo utilizada na fabricação de vinhos, geleia, sucos, licor, vinagre e compotas. E de acordo com Taco (2011),

possui grande valor nutricional, apresentando teores significativos de fibras (2,3g/100g), potássio (130mg/100g) e magnésio (18mg/100g). Esse fruto é rico em compostos fenólicos, incluindo antocianinas, flavonoides e elagitaninos que apresentam atividades antioxidantes, anti-inflamatórias, hipoglicêmicos e hipolipidêmicas (BORGES et al., 2017). A atividade antioxidante é uma das características que se destacam de forma que ao serem consumidos são capazes de inibir a oxidação dos radicais livres através da doação de átomos de hidrogênio (SANTOS et al., 2010). Além disso, os compostos fenólicos atuam também em várias funções do cérebro, como aprendizagem, memória, atenção ou motivação, protegendo o cérebro contra doenças neurodegenerativas (OLAIZOLA et al., 2016).

A antocianina é produzida nos frutos e flores a fim de atrair insetos, atuar na fotoproteção, na modulação da fotoinibição e potencializar a fotossíntese. Esse composto fenólico apresenta excelente atividade antioxidante (SWER et al., 2016). Em relação aos compostos fenólicos elagitaninos, quando entram em contato com a acidez do trato gastrointestinal ocorre hidrólise e liberação do ácido elágico (EA). Este ácido possui efeitos benéficos sobre a saúde como agente antimicrobiano, antiviral e anticarcinogênico (LARROSA et al., 2010).

As sementes e cascas da jabuticaba representam cerca de 50% do fruto. Durante o processamento desta fruta, esses resíduos são descartados no meio ambiente causando um problema ambiental. Borges et al. (2017) afirmam que o desenvolvimento de novas tecnologias ecológicas para reutilizar este resíduo é de suma importância. Desta forma, o uso da casca e semente de jabuticaba para produção de extratos polifenólicos oferece grande espaço para utilização na indústria de alimentos e também geram mais renda para processadores de alimentos e reduz danos ambientais (MORALES et al., 2016).

Entretanto como extratos polifenólicos apresentam baixa estabilidade a longo prazo em função da variação do pH, presença de íons metálicos, luz, temperatura, oxigênio, atividades enzimáticas e são instáveis em condições alcalinas encontradas em fluidos biológicos, as técnicas emergentes de microencapsulação permitem melhorar a estabilidade e biodisponibilidade desses compostos quando aplicado em alimentos (OLAIZOLA et al., 2016).

2.5. Microencapsulação

A microencapsulação é a tecnologia que permite a imobilização e a proteção de microrganismos e compostos bioativos em material encapsulante, formando partículas com tamanho variando de microns até vários milímetros. São capazes de manter sua estrutura diante de condições adversas do meio, sendo dissolvidas em condições específicas para liberar o material encapsulado no sítio de ação desejado (OLAIZOLA et al., 2016).

As microcápsulas são compostas por membrana semipermeável, fina, esférica e forte que é capaz de proteger o conteúdo ativo de estresses ambientais como a acidez de alimentos e oxigênio. Dentre as matrizes para encapsulação mais usadas estão o amido resistente, carragena, alginato de sódio, gelatina, quitosana, maltodextrina e proteínas, sendo que esses materiais de encapsulação devem ser capazes de formar géis, serem moduláveis e atóxicos (ETCHEPARE et al., 2015). A escolha do encapsulante dependerá do objetivo desejado e do produto a ser suplementado.

Existem algumas metodologias utilizadas para microencapsulação, como extrusão, emulsificação e atomização ou spray drying e para a formação das microcápsulas a matriz de encapsulação, geralmente, deverá ser líquida para permitir o revestimento do material do núcleo. Desta forma a tensão interfacial entre o núcleo e a matriz favorecerá a interação entre os mesmos (OXLEY, 2014).

2.5.1. Matrizes para encapsulação

O alginato, sal do ácido algínico (Figura 8), é um polissacarídeo linear obtido de algas marinhas marrons e pode ser obtido também por microrganismos do gênero *Azotobacter* e *Pseudomonas*. Esse polímero é constituído, principalmente, por ácidos urônicos, como o ácido α -L-gulurônico (G) e β -D-manurônico (M), unidos pelas ligações glicosídicas α (1,4). A cadeia polimérica do alginato é formada por blocos M (ácido D-manurônico), blocos G (ácido L-gulurônico) e por blocos MG, como mostra a Figura 8 (FERTAH et al., 2017; ARRIOLA et al., 2016).

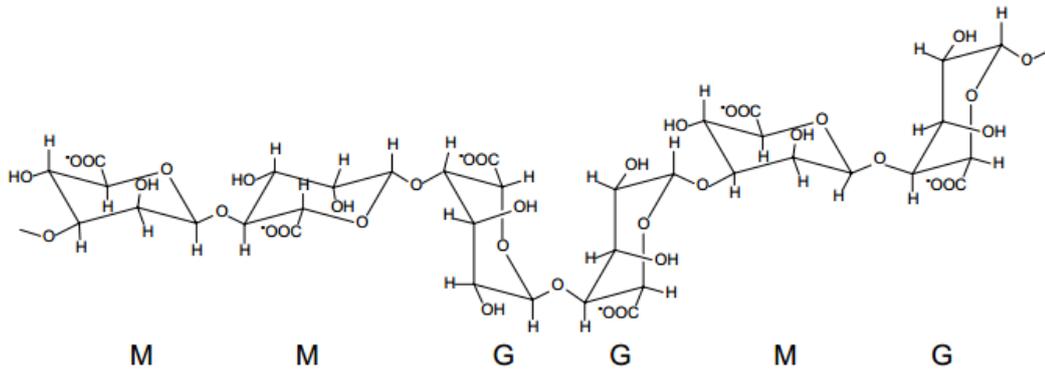


Figura 8. Estrutura química do alginato de sódio (SEGATO, 2007).

Quando as regiões do bloco G entram em contato com íons divalentes, como o Ca^{+2} , há interação com o ânion carboxilato e com grupos hidroxila, formando géis insolúveis. Esta interação pode ser explicada pelo modelo *egg-box* (caixa de ovo), em que os íons de cálcio ao entrarem em contato com o alginato ficam dispostos nos espaços entre os blocos G, se assemelhando aos ovos dentro da caixa (Figura 9) (BRACCINI, PÉREZ, 2001).

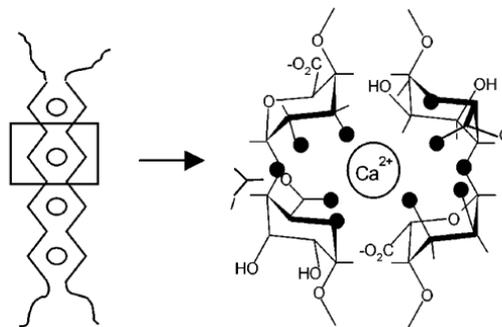
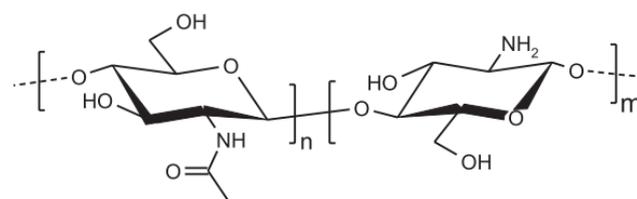


Figura 9. Esquema mostrando a interação do íon de cálcio com a cadeia de ácido L-gulurônico. (Modelo egg-box) (BRACCINI, PÉREZ, 2001).

O alginato de sódio é considerado o material mais seguro para imobilização de bactérias e compostos bioativos, por não ser tóxico para os compostos microencapsulados, ter baixo custo, fácil manuseio e facilidade em formar uma matriz ao redor dos compostos bioativos e das células microbianas (ETCHEPARE et al., 2015). Porém, esse polímero possui a desvantagem de formar poros na superfície das microcápsulas, tornando-as sensíveis a condições ácidas; e também possui baixa estabilidade na presença de íons monovalentes e agentes quelantes, já que esses compostos sequestram os íons de cálcio (principal responsável pela formação das microcápsulas). Então para que esse problema seja resolvido é necessário recobrir as microcápsulas com outra matriz, como a quitosana (ETCHEPARE et al., 2016)

A quitosana (Figura 10) é um polissacarídeo linear composto por unidades de D-glicosamina e possui cargas negativas, resultado de seus grupos amina. É obtido partir da quitina por meio da desacetilação com álcalis e também pode ser encontrado em fungos pertencente ao gênero *Mucor* e da classe *Zygomycetes* (COSTA SILVA et al., 2006). A quitosana apresenta algumas propriedades importantes como atividade antimicrobiana, são biodegradáveis por bactérias presente no intestino, biocompatível e possui propriedades mucoadesivas, e por isso tem sido bastante utilizada como polímero de revestimento (SIMEONI et al., 2014).



quitosana

Figura 10. Estrutura química da quitosana (COSTA SILVA et al., 2006)

2.5.2. Complexo polieletrólito

O complexo polieletrólito ocorre quando dois polímeros de cargas opostas interagem entre si (interação eletrostática), sendo este complexo, geralmente, composto por uma molécula protéica (polieletrólito positivo) e uma molécula de polissacarídeo (polieletrólito negativo) (ETCHEPARE et al., 2015). O método ficou conhecido como layer-by-layer e é usado na microencapsulação para a produção de multicamadas de polieletrólitos, baseando-se na adsorção consecutiva de camadas alternadas de polieletrólito carregado positivamente e negativamente. Exemplos dessa interação são as microcápsulas alginato-quitosana e alginato-gelatina, formando um complexo forte por meio da interação eletrostática dos grupos amino da quitosana e da gelatina com os grupos carboxílicos do alginato (GEORGE, ABRAHAM, 2006).

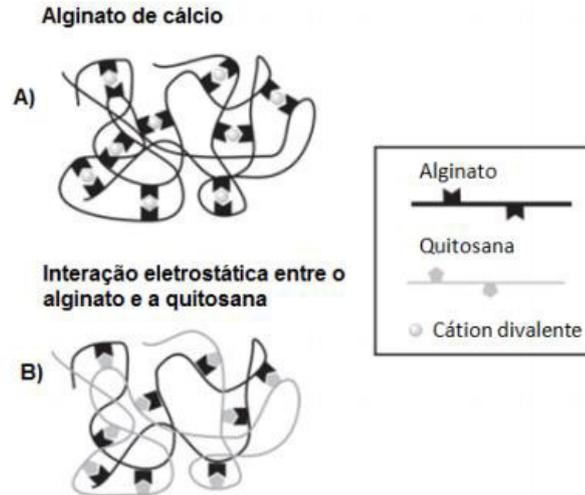


Figura 11. Esquema mostrando a interação do alginato com íons de cálcio e quitosana (LAWRIE et al., 2007).

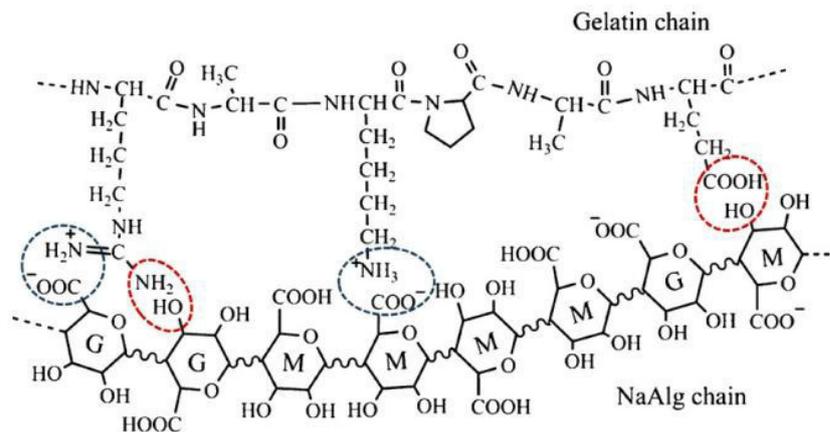


Figura 12. Esquema mostrando a interação do alginato com a gelatina (LI et al., 2011).

2.5.3. Método de extrusão para microencapsulação

O método de extrusão, por gotejamento, é o processo mais antigo e comum para a produção de microcápsulas de alginato de cálcio e baseia-se na gelificação externa do polímero. Nessa técnica uma solução de alginato de sódio contendo composto bioativo ou microrganismo é gotejada em solução de cloreto de cálcio (solução gelificante) através de seringa ou bocal de alta pressão (Figura 13). O material residual formado após a gelificação das cápsulas (CaCl_2) é removido, por lavagem com água, para evitar que o alimento adquira propriedades sensoriais indesejáveis (ETCHEPARE et al., 2015).

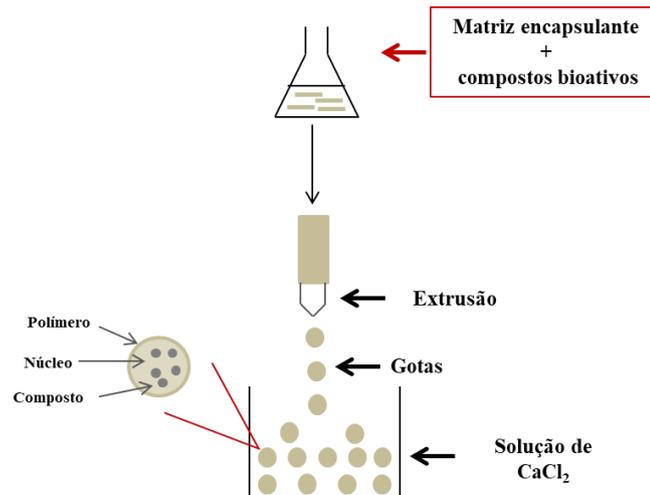


Figura 13. Método de extrusão por gotejamento

A vantagem da utilização desse método é que não causa danos ao composto microencapsulado, é uma técnica simples, reprodutível, barata e por utilizar hidrogéis poliméricos naturais, não é necessário utilizar solventes orgânicos, temperaturas elevadas ou condições extremas de pH, o que torna o método ideal e promissor para a encapsulação de compostos fenólicos. A desvantagem dessa técnica é a difícil aplicação em escala industrial, pela lenta formação das microcápsulas (SILVA et al., 2018; ETCHEPARE et al., 2015). Quando obtidas por esse método podem apresentar diâmetros entre 500 μ m a 3mm e essa variação está relacionada com o diâmetro da agulha utilizada, com a viscosidade e concentração do alginato e da solução gelificante, como também a distância do gotejamento na solução de cloreto de cálcio (SIMEONI et al., 2014).

O encapsulamento usando a tecnologia de extrusão vem demonstrando sucesso no aumento da estabilidade dos polifenóis e preservação da sua bioatividade e o uso do alginato de sódio como matriz encapsulante também vem demonstrando eficiência na proteção dos compostos fenólicos extraídos de plantas (ARRIOLA et al., 2016). Belščak-Cvitanović et al. (2011) utilizou a técnica de extrusão eletrostática para imobilizar extratos polifenólicos de seis ervas medicinais diferentes e observaram que após a extrusão o extrato da folha de framboesa apresentou valores significativos de polifenóis e atividade antioxidante. Olaizola et al. (2016) encapsularam polifenóis do resíduo de vinhos, em alginato de sódio, e utilizaram a técnica de extrusão associada a tecnologia de bicos de vibração. Esses autores confirmaram que os sistemas encapsulados foram muito mais estáveis que o extrato livre.

2.6. Aplicabilidade na indústria de alimentos

A incorporação dos extratos polifenólicos, de fontes naturais, em produtos alimentícios, tem chamado bastante atenção nos últimos tempos. Essa incorporação vem sendo realizada com os avanços das técnicas de microencapsulação. Os compostos fenólicos encapsulados evitam a incompatibilidade de solubilidade com outros ingredientes, são protegidos da degradação, aumentam a biodisponibilidade, como a liberação controlada desses compostos na matriz (BORA et al., 2018).

Urzúa et al. (2017) incorporaram microcápsulas do extrato polifenólico de folhas de oliveira (EPFO) em massas de amido e glúten de trigo e analisaram os parâmetros de qualidade dessas massas durante o processo de fritura. Os autores concluíram que a microencapsulação do EPFO teve um papel protetor na degradação do polifenol durante a fritura, apresentando excelente atividade antioxidante. O resultado foi atribuído principalmente ao efeito da microencapsulação, levando a uma maior retenção de polifenóis e menores interações polifenol-matriz que podem prejudicar a atividade antioxidante.

Zokti et al. (2016) produziram bebida de manga enriquecida com o extrato de chá verde microencapsulado e compararam com a bebida contendo o extrato livre. Os resultados mostraram que os compostos fenólicos encapsulados foram mais estáveis nas bebidas de manga suplementadas em comparação com o extrato não encapsulado. A atividade antioxidante das bebidas de manga durante o armazenamento foi proporcional ao aumento na concentração de micropartículas incorporadas (0,5; 1,0 e 2,0% p/v).

Gomez-Mascaraque et al. (2017) desenvolveram microcápsulas contendo extrato de chá verde e aplicaram em massa de biscoito. A proteção exercida pelas matrizes de encapsulamento nos compostos fenólicos na preparação do biscoito foi avaliada quanto à perda destes compostos e sua atividade antioxidante em comparação com a adição direta do extrato de chá verde não encapsulado na massa de biscoito. Os autores concluíram que o sistema de microencapsulação proposto foi eficaz na proteção dos compostos fenólicos durante a fabricação de produtos de panificação (biscoito), preservando 85 e 90 g/100 g do seu conteúdo inicial em compostos fenólicos, enquanto que quase 40g /100 g foi perdido no extrato de chá verde livre após o tratamento térmico a 180 °C.

Montenegro et al. (2008) desenvolveu biscoitos de polvilho azedo de mandioca enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis. Entretanto estudos focados na incorporação de compostos fenólicos microencapsulado em amido fermentado são basicamente inexistentes,

como também a produção de amido fermentado a partir de amido de alpiste não é encontrada na literatura. Seguindo esse raciocínio, o presente trabalho almeja obter um amido fermentado de alpiste enriquecido com microcápsulas de extrato de casca e semente de jabuticaba e observar sua estabilidade durante a fabricação de produtos de panificação, como os biscoitos.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo Geral

Extrair e fermentar o amido de alpiste (*Phalaris canariensis L.*) para elaboração de biscoitos e enriquecer com microcápsulas contendo compostos polifenólicos da mistura casca e semente de jabuticaba (*Myrciaria cauliflora*)

3.2. Objetivos Específicos

- Extrair e caracterizar suas propriedades físico-químicas e funcionais do amido de alpiste;
- Elaborar o amido fermentado de alpiste por meio da fermentação natural;
- Extrair os compostos fenólicos da mistura casca e semente de jabuticaba;
- Microencapsular os compostos fenólicos extraídos da mistura de casca e semente de jabuticaba pelo método de extrusão por gotejamento, usando alginato de sódio e quitosana;
- Analisar a microestrutura das microcápsulas e avaliar a estabilidade dos compostos microencapsulados nos biscoitos de amido fermentado de alpiste;
- Comparar as propriedades físicas, químicas e funcionais do amido e do amido fermentado de alpiste.

REFERÊNCIAS

ABDEL-AAL, E. M.; HUCL, P.; MILLER, S. S.; PATTERSON, C. A.; GRAY, D. Microstructure and nutrient composition of hairless canary seed and its potential as a blending flour for food use. **Food Chemistry**, v. 125, p 410–416, 2011.

ABDEL-AAL, E. M.; HUCL, P.; PATTERSON, C. A.; GRAY, D. Fractionation of hairless canary seed (*phalaris canariensis*) into starch, protein, and oil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 7046–7050, 2010.

ABDEL-AAL, E. M.; HUCL, P. J.; SOSULSKI, F. W. Structural and Compositional Characteristics of Canaryseed (*Phalaris canariensis* L.). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p. 3049–3055, 1997a.

ABDEL-AAL, E. M.; HUCL, P.; F.W. SOSULSKI, F. W. Characteristics of Canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) **Starch/Stärke**, v. 49, n. 12, p. 475-480, 1997b.

ALCÁZAR-ALAY1, S. C.; MEIRELES, M. A. A. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. **Food Sci. Technol**, v. 35, n. 2, p. 215-236, 2015.

ALONSO-GOMEZ, L.; LOPEZ, A. M.; ROMERO-GARZON, A. M.; PINEDA-GOMEZ, P.; REAL-LOPEZ, A.; RODRIGUEZ-GARCIA, M. E. Physicochemical transformation of cassava starch during fermentation for production of sour starch in Colombia. **Starch/Stärke**, v. 68, p.1–9, 2016.

AQUINO, A. C. M. S.; GERVIN, V. M.; AMANTE, E. R. Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina. **Braz. J. Food Technol**, v. 19, 2016.

ARRIOLA, N. D. A.; MEDEIROS, P. M.; PRUDENCIO, E. S.; MÜLLER, C. M. O.; AMBONI, R. D. M. C. Encapsulation of aqueous leaf extract of *Stevia rebaudiana* Bertoni with sodium alginate and its impact on phenolic content. **Food Bioscience**, v. 13, p.32–40, 2016.

ASCHERI, D. P. R.; MORAIS, C. C.; ASQUIERI, E. R.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R. Characterization of starch extracted from the roots of *Cissus simsiana* Roem. & Schult. **Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 787-800, 2014.

BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A.; STOJANOVIĆ, R.; MANOJLOVIĆ, V.; KOMES, D.; IVA JURANOVIĆ CINDRIĆ, I. J.; VIKTOR NEDOVIĆ, V. N.; BUGARSKI, B. Encapsulation of polyphenolic antioxidants from medicinal plant extracts in alginate–chitosan system enhanced with ascorbic acid by electrostatic extrusion. **Food Research International**, v. 44, p.1094–1101, 2011.

BEMILER, J. N.; HUBER, K. C. Carbohidratos. In DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4 ed. Porto Alegre: Artmed, cap. 3, p. 101, 2010.

BORA, A. F. M.; MA, S.; LI, X.; LIU, L. Application of microencapsulation for the safe delivery of green tea polyphenols in food systems: Review and recent advances. **Food Research International**, v. 105, p. 241–249, 2018.

BORGES, L. L.; MARTINS, F. S.; CONCEIÇÃO, E. C.; SILVEIRA, D. Optimization of the spray-drying process for developing jaboticaba waste powder employing response surface methodology. **Journal of Food Process Engineering**, v. 40, p. 1-9, 2017.

BRACCINI, I.; PÉREZ, S. Molecular basis of Ca²⁺-induced gelation in alginates and pectins: The egg-box model revisited. **Biomacromolecules**, v. 2, n. 4, p. 1089–1096, 2001.

BRASIL. Norma de identidade, qualidade, embalagem, marcação e apresentação do alpiste. **Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento**. Portaria nº 65, de 16 de fevereiro de 1993.

BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução n. 263, de 22 de setembro 2005. Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p. 368-369, 2005

CARVALHO, E. P.; CANHOS, V. P.; RIBEIRO, V. E.; CARVALHO, H. P. Polvilho azedo: aspectos físicos, químicos e microbiológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n.2, p. 129-137, 1996.

CDCS - CANARYSEED DEVELOPMENT COMMISSION OF SASKATCHEWAN. **Nutrition & Sensory Profile**. 2018. Disponível em: < <https://www.canaryseed.ca/nutritional-factsheets.html>> . Acesso em: 23 de outubro de 2018.

COSTA SILVA, H. S. R.; DOS SANTOS, K. S. C. R.; FERREIRA, E. I. Quitosana: Derivados hidrossolúveis, aplicações farmacêuticas e avanços. **Química Nova**, v. 29, n. 4, p. 776–785, 2006.

COGLIATTI, M.; BODEGA, J.; DALFONSO, C. **El cultivo de alpiste**. Tandil : Universidade Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 1 ed., p. 158, 2014.

COGLIATTI, M. Canaryseed Crop. Artículo de Revisión. **Scientia Agropecuaria**, v.1, p.75 – 88, 2012.

DENARDIN, C. C.; SILVA, L.P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.3, p. 945- 954, 2009.

DI CAGNO, R.; CODA, R. Fermented Vegetable Products. In BATT, C. A.; TORTORELLO, M. L. **Encyclopedia of food microbiology**. 2 ed. v. 2. London: Elsevier, p. 769, 2014.

ETCHEPARE, M. A.; MENEZES, M. F. S. C.; RODRIGUES, L. Z.; CODEVILLA, C. F.; MENEZES, C. R. Microencapsulação de compostos bioativos pelo método de extrusão. **Ciência e Natura**, v.37 Ed. Especial-Nano e Microencapsulação de compostos bioativos e probióticos em alimentos, p. 97 – 105, 2015.

ETCHEPARE, M. A.; RADDATZ, G. C.; FLORES, E. M. M.; ZEPKA, L. Q.; LOPES, E. J.; BARIN, J. S.; GROSSO, C. R. F.; MENEZES, C. R. Effect of resistant starch and chitosan on survival of *Lactobacillus acidophilus* microencapsulated with sodium alginate. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 511-517, 2016.

FERREIRA, M. N.; SILVA, F. A.; DAMIANI, C.; SILVA, E. P.; COSTA, F. S. Caracterização física e química de polpa de jabuticaba. **Revista Agrotecnologia**, v.9, n.1, p.81-87, 2018.

FERTAH, M.; BELFKIRA, A.; DAHMANE, E. M.; TAOURIRTE, M.; BROUILLETTE, F. Extraction and characterization of sodium alginate from Moroccan *Laminaria digitata* brown seaweed. **Arabian Journal of Chemistry**, v.10, p.3707–3714, 2017.

GEORGE, M.; ABRAHAM, T. E. Polyionic hydrocolloids for the intestinal delivery of protein drugs: Alginate and chitosan - a review. **Journal of Controlled Release**, v. 114, n. 1, p. 1–14, 2006.

GOMEZ-MASCARAQUE, L. G.; HERNÁNDEZ-ROJAS, M.; TARANCÓN, P.; MATHIEU TENON, M.; FEUILLÈRE, N.; RUIZ, J. F. V.; FISZMAN, S.; LÓPEZ-RUBIO, A. Impact of microencapsulation within electrosprayed proteins on the formulation of green tea extract-enriched biscuits. **Food Research International**, v. 81, p. 77–86, 2017.

HANNAH, L. C.; JAMES, M. The complexities of starch biosynthesis in cereal endosperms. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 19, p. 160–165, 2008.

HUCL, P.; HAN, H.L.; ABDELAAL, E.M.; HUGHES, G.R. Development and quality of glabrous canaryseed. **Department of Plant Sciences**, University of Saskatchewan, Saskatoon, SK. p.1-4, 2001

IRANI, M.; ABDEL-AAL, E. M.; RAZAVI, S. M. A.; HUCL, P.; PATTERSON, C. A. Thermal and Functional Properties of Hairless Canary Seed (*Phalaris canariensis* L.) Starch in Comparison with Wheat Starch. **Cereal Chemistry**, v. 94, n. 2, p. 341–348, 2017.

JI, Z.; LONG YU, Z. J.; LIU, H.; BAO, X.; WANG, Y.; CHEN, L. Effect of pressure with shear stress on gelatinization of starches with different amylose/amylopectin ratios. **Food Hydrocolloids**, v. 72, p. 331-337, 2017.

LADEIRA, T. M. S.; PENA, R. S. Propriedades físico-químicas e tecnológicas dos polvilhos azedos de três cultivares de mandioca. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 631-640, 2011.

LARROSA, M.; GARCIA-CONESA, M.T.; ESPIN, J.C.; TOMAS-BARBERAN, F.A. Ellagitannins, ellagic acid and vascular health. **Molecular Aspects of Medicine**, v. 31, p 513–539, 2010.

LAWRIE, G.; KEEN, I.; DREW, B.; CHANDLER-TEMPLE, A.; RINTOUL, L.; FREDERICKS, P.; GRØNDAHL, L. Interactions between Alginate and Chitosan Biopolymers Characterized Using FTIR and XPS. **Biomacromolecules**, v. 8, p. 2533-2541, 2007.

LI, Y. et al. Sodium alginate-gelatin polyelectrolyte complex membranes with both high water vapor permeance and high permselectivity. **Journal of Membrane Science**, v. 375, n. 1-2, p. 304–312, 2011.

MARCON, M. J. A.; VIEIRA, G. C. N. V.; DE SIMAS, K. N.; SANTOS, K.; MANOELA ALANO VIEIRA, M. A.; AMBONI, R. D. M. C.; AMANTE, E. R. Effect of the Improved Fermentation on Physicochemical Properties and Sensorial Acceptability of Sour Cassava Starch. **Brazilian archives of biology and technology**, v.50, n. 6 : p.1073-1081, 2007.

MARCONI, M. J. A. **Proposta para o mecanismo de expansão do polvilho azedo com base nas características físico químicas**. 2009. Tese (Doutor em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

MARTÍN, J. C.; LÓPEZ, E. Modificación física del almidón de yuca y evaluación de la susceptibilidad a la hidrólisis enzimática por una alfa amilasa. **Revista colombiana de química**, v. 38, n. 3, 2009.

MATIGNON, A.; TECANTE, A. Starch retrogradation: From starch components to cereal products. **Food Hydrocolloids**, p. 68, p. 43-52, 2017.

MEIRA, N. A. N.; PEREIRA, N. P.; MACIEL, L. F.; Douglas Dourado OLIVEIRA, D. D.; NASCIMENTO, I. S.; SILVA, R. A. Flavonoides e antocianinas em *Myrciaria cauliflora* (jabuticaba) visando à aplicabilidade cosmética. **Visão Acadêmica**, v.17, n.3, 2016.

MIGUEL, M.G.C.P.; SANTOS, M.R.R.M.; DUARTE, W.F.; ALMEIDA, E.G.A.; SCHWAN, R.F. Physico-chemical and microbiological characterization of corn and rice

'calug' produced by Brazilian Amerindian people. **Food Research International**, v.49, p.524–532, 2012.

MONTENEGRO, F. M, et al. Biscoitos de polvilho azedo enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, n. 1, 2008.

MORALES, P.; BARROS, L.; DIAS, M. I.; SANTOS-BUELGA, C.; FERREIRA, I. C. F. R.; ASQUIERI, E. R.; BERRIOS, J. J. Non-fermented and fermented jaboticaba (*Myrciaria cauliflora* Mart.) pomaces as valuable sources of functional ingredients. **Food Chemistry**, v. 208, p. 220–227, 2016.

OEC - Observatory of Economic Complexity. **Canary seed trade: Exporters and Importers**. 2016. Disponível em < <https://atlas.media.mit.edu/en/profile/hs92/100830/> > . Acesso em 02 de novembro de 2018.

OLAIZOLA, O. A.; NAVARRO, P.; VALLEJO, A.; OLIVARES, M.; ETXEBARRIA, N.; USOBIAGA, A. Microencapsulation and storage stability of polyphenols from *Vitis vinifera* grape wastes. **Food Chemistry**, v. 190, p. 614–621, 2016.

OXLEY, J. Overview of Microencapsulation Process Technologies. **Microencapsulation in the Food Industry**. Elsevier Inc. p. 36, 2014.

PENIDO, F. C. L.; PILÓ, F. B.; SANDES, S. H. C.; NUNES, A. C.; COLEN, G.; OLIVEIRA, E. S.; ROSA, C. A.; ALVES LACERDA, I. C. A. Selection of starter cultures for the production of sour cassava starch in a pilot-scale fermentation process. **Brazilian journal of microbiology**, v.49, p. 823–831, 2018.

PEREIRA, L. D.; ASCHERI, D. P. R.; SUELY MIRANDA CAVALCANTE BASTOS, S. M. C.; ASCHERI, J. L. R.; SANTOS, S. C. Optimization of phenolic compounds extraction and a study of the edaphic effect on the physicochemical composition of freeze-dried jaboticaba peel. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 42, n.4, p. 431-440, 2018.

PÉREZ-PACHECO, E.; MOO-HUCHIN, V. M.; ESTRADA-LEÓN, R. J.; ORTIZ FERNÁNDEZ, A.; MAY-HERNÁNDEZ, L. H.; RÍOS-SOBERANIS, C. R.; BETANCUR-ANCONA, D. Isolation and characterization of starch obtained from *Brosimum alicastrum* Swartz Seeds. **Carbohydrate Polymers**, v.101, p. 920–927, 2014.

RAGAE, S.; ABDEL-AAL, S. Pasting properties of starch and protein in selected cereals and quality of their food products. **Food Chemistry**, v. 95 (2006) 9–18.

REGO, F. L. T.; CARDOSO, R. L.; MATSUURA, F. C. A. U.; FERNANDES, G. B. Contribuição à adaptação de uma técnica, para uso em campo, de determinação da amilose em raízes de mandioca - Parte I. **Ciência médica e biológica**, v. 3, n. 1, p. 35-43, 2004.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. Capítulo 2 – Carboidratos In: Química de alimentos. São Paulo: Edgard Blücher, ed 1, p. 61, 2004.

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

SEGATO, M. P. Estudos termoanalíticos do ácido algínico e dos alginatos de metais alcalinos, alcalino-terrosos, amônio, mono-, di- e trietanolamônio. Dissertação (Mestrado em Ciência) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2007.

SILVA, M. P.; TULINI, F. L.; MARTINS, E.; PENNING, M.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; PONCELET, D. Comparison of extrusion and co-extrusion encapsulation techniques to protect *Lactobacillus acidophilus* LA3 in simulated gastrointestinal fluids. **LWT - Food Science and Technology**, v.89, p.392–399, 2018.

SILVA, G. A. S.; CAVALCANTI, M. T. C.; ALMEIDA, M. C. B. M.; ARAÚJO, A. D.; GERLA C. B. CHINELATE, G. C. B.; FLORENTINO, E. R. Utilização do amido da amêndoa da manga Tommy Atkins como espessante em bebida láctea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1326–1332, 2013.

SIMEONI, C. P.; MENEZES, C. R. DE; MARTINS, L. **Microencapsulação De Probióticos: Inovação**. p. 66–75, 2014. SUBRAMANAYA, S. **Chapter 10 The photosynthetic process**. p. 1-27, 2014.

SWER, T. L.; CHAUHAN, K.; PAUL, P. K.; MUKHIM, C. Evaluation of enzyme treatment conditions on extraction of anthocyanins from *Prunus nepalensis* L. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 92 , p. 867–871, 2016.

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4. ed. Campinas: NEPA-UNICAMP, p. 161, 2011.

WANG, W.; JUNG, J.; ZHAO, Y. Chitosan-cellulose nanocrystal microencapsulation to improve encapsulation efficiency and stability of entrapped fruit anthocyanins. **Carbohydrate Polymers**, v. 157, p. 1246–1253, 2017.

URZÚA, C.; GONZÁLEZ, E.; DUEIK, V.; BOUCHON, P.; GIMÉNEZ, B.; ROBERT, P. Olive leaves extract encapsulated by spray-drying in vacuum fried starch–gluten doughs. **Food and Bioproducts Processing**, v. 106, p.171–180, 2017.

VAMADEVAN, V.; BERTOFT, E. Structure-function relationships of starch components. **Starch/Stärke**, v.67, p. 55–68, 2015.

ZOKTI, J. A.; BAHARIN, S. B.; MOHAMMED, A.; ABDULKARIM, S. M.; ABAS, F. Microencapsulation of green tea extracts and its effects on the physico-chemical and functional properties of mango drinks. **International Journal of Basic & Applied Sciences IJBAS-IJENS**, v. 16, n. 2, p.16–32, 2016.

CAPÍTULO 2

ARTIGO 1- AMIDO DE ALPISTE (*PHALARIS CANARIENSIS*) FERMENTADO E NÃO FERMENTADO: PROPRIEDADES FÍSICO- QUÍMICA, FUNCIONAL E INFLUÊNCIA NAS PROPRIEDADES REOLÓGICA

Rayssa Dias Batista^{1*}, Dianiny de Cássia Sousa Mendes¹, Cleiber Cintra Moraes², Diego Palmiro Ramirez Ascheri, Clarissa Damiani¹, Eduardo Ramirez Asquieri³.

¹Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 74690-900, Brasil.

²Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 75132-400, Brasil

³Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 74605-170, Brasil.

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi estudar o efeito da fermentação nas características físico-química e funcional do amido de alpiste e verificar a capacidade de expansão para elaboração de produtos de panificação. A extração do amido foi realizada de forma doméstica, sem uso de reagentes comerciais e o amido obtido foi submetido ao processo de fermentação natural durante 45 dias com posterior secagem ao sol. A análise microbiológica do mesmo apresentou resultados dentro dos limites estabelecidos pela legislação e o teor de proteínas, lipídeos, amido, umidade, pH e acidez diferiu significativamente do amido nativo de alpiste. Após a fermentação houve aumento no teor de amilose (32,17%), apresentando um estado de gelificação em concentração de 10% (p/V). Ambos os grânulos de amidos nativo e fermentado apresentaram forma poligonal e irregular, com um diâmetro variando de 1,3µm a 5,5µm e 0,9 a 4,4 µm, respectivamente e uma estrutura cristalina típica (tipo A) de amidos de cereais, mas exibiu um forte pico de complexo amilose-lipídio em ângulo de difração $2\theta = 20$. O amido fermentado também exibiu menor quebra de viscosidade e retrogradação que o amido nativo de alpiste, além de que ambas as amostras apresentaram menor poder de inchamento e índice de solubilidade em água do que outros amidos relatados na literatura. Após a fermentação, o amido não apresentou capacidade de expansão, sugerindo sua aplicação para produção de biopolímeros pelo elevado teor de amilose, fornecendo resistência aos filmes de amido.

Palavras chaves: amido não convencional, cristalinidade, expansão, fermentação.

40 1. INTRODUÇÃO

41

42 O amido é o carboidrato mais importante na vida humana, com diferentes aplicações nas
43 indústrias alimentícia, petrolífera, farmacêutica, de tintas e cosméticos, entre outras (Rincón-
44 Londono, Vega-Rojas, Contreras-Padilla, Acosta-Osorio, & Rodríguez-García, 2016).
45 Dependendo da origem botânica, o amido exerce efeitos diferentes em relação às propriedades
46 físico-químicas e características funcionais dos produtos alimentícios, devido às suas
47 características únicas (Heydari, Razavi, Irani, 2018).

48 As fontes mais importantes de amido são o milho, trigo, arroz, batata e mandioca.
49 Entretanto, há um grande interesse em fontes novas de amido e não convencionais com
50 diversas propriedades funcionais que possam atender as industriais de alimentos (Irani,
51 Abdel-Aal, Razavi, Hucl, & Patterson, 2017). O grão de alpiste (*Phalaris canariensis*),
52 também conhecido como canary seed, canary grass anual, canário grama, alpista, capim
53 alpista e milho alpista, destaca-se como uma nova fonte de amido, composta por
54 aproximadamente 60% desse carboidrato e em menor concentração de proteínas (20%),
55 lipídeos (8%) e fibra dietética (7%) (CDCS, 2018).

56 Esse grão é produzido principalmente no Canadá e na Argentina, com capacidade de se
57 desenvolver com sucesso onde as culturas de trigo, cevada, centeio e aveia são cultivadas
58 (Cogliatti, Bodega & Dalfonso, 2014). As características desta cultura fazem dela um cereal
59 favorável para aplicações alimentícias e industriais (Heydari; Razavi; Irani, 2018). Embora
60 sejam usados quase inteiramente como alimento para aves enjauladas, os grãos receberam o
61 status GRAS do USA-FDA em 2015 e recentemente foi aprovado pela Health Canadá como
62 um novo alimento (Heydari; Razavi; Irani, 2018).

63 Geralmente os amidos nativos têm uso limitado em aplicações industriais devido à sua
64 baixa resistência térmica e em água e alta tendência para a retrogradação (Alonso-Gomez et
65 al., 2016). Estas propriedades podem ser alteradas pelo uso da tecnologia de fermentação, o
66 qual é usado para produção de polvilho azedo de mandioca. A fermentação ocorre de forma
67 natural e o amido fermentado é subsequentemente seco ao sol. As enzimas microbianas e os
68 ácidos orgânicos produzidos durante a fermentação são capazes de alterar a estrutura dos
69 grânulos, conferindo propriedades funcionais específicas (Díaz, Dini, Vina, & García, 2018).

70 Com o intuito de encontrar fontes de amido que possam se comportar de maneira
71 semelhante ao da mandioca sob fermentação e secagem ao sol, o objetivo deste trabalho foi

72 estudar o efeito da fermentação nas características físico-química e funcional do amido de
73 alpiste e verificar a capacidade de expansão para elaboração de produtos de panificação.

74

75

76 **2. MATERIAL E MÉTODOS**

77

78 **2.1. Material**

79

80 Grãos de alpiste (alpiste SVS extra canary ®) foram adquiridos em casa agropecuária
81 situada na cidade de Goiânia-GO.

82

83

84 **2.2. Elaboração do amido fermentado**

85

86 O amido de alpiste foi obtido pelo método de extração doméstico, no qual não há uso de
87 equipamentos e reagentes comerciais. O fluxograma da extração e da fermentação do amido
88 pode ser acompanhado pela Figura 1.

89

90 **2.2.1. Extração do amido nativo de alpiste**

91

92 A extração do amido nativo (amido não fermentado) foi realizada de acordo com Silva et
93 al. (2013), com modificações. Inicialmente, o grão inteiro de alpiste foi adicionado em
94 recipiente de vidro, submerso com água destilada e deixado em repouso durante 24 h sob
95 refrigeração (10 °C), para fragilizar sua estrutura e facilitar a extração do amido. Após essa
96 etapa, o alpiste foi lavado com água destilada para retirar impurezas, triturado com auxílio de
97 500 mL de água destilada em liquidificador industrial (SKYMSEN) durante 10 minutos e
98 posteriormente triturado em liquidificador comercial (Philips Walita) durante 3 minutos.

99 O material moído foi filtrado em duas peneiras plásticas diferentes, uma de 15 cm e a
100 outra de 9 cm de diâmetro e em peneira granulométrica (marca Granutest) com abertura de
101 0,210 mm. O filtrado passou por três coadores de pano, a fim de retirar pequenos pelos ou
102 espículas siliciosas presente na casca. Esta etapa foi repetida duas vezes e o material retido
103 nos filtros de plástico e de pano foram lavados sucessivamente com água destilada para
104 reduzir a perda do amido. O filtrado final foi armazenado em travessas de vidro e deixado em

105 repouso durante 24 h, sob refrigeração (10 °C), para ocorrer o processo de decantação do
106 amido. Após essa etapa, o sobrenadante foi drenado por sifonação (Rocha, Demiate, &
107 Franco, 2008) e a camada de amido decantada foi seca em estufa a 50 °C durante 12 horas.
108 Após 12h de secagem, a camada superior de coloração escura foi raspada e o amido
109 permaneceu em estufa durante 24h nas mesmas condições. O amido seco foi armazenado
110 sacos plásticos (PEBD) à -18 °C, até as análises posteriores. O rendimento do amido foi
111 calculado utilizando a equação descrita por Ascheri, Morais, Asquieri, Caevalho, & Ascheri
112 (2014) (Equação 1).

113

$$114 \quad \text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{massa do amido seco após extração (g)}}{\text{massa do alpeste inicial (g)}} \times 100 \quad (1)$$

115

116 2.2.2. Processo fermentativo do amido

117

118 O amido fermentado de alpeste foi elaborado seguindo a metodologia descrita por
119 Asquieri (1990) com algumas modificações. A suspensão de amido previamente obtida no
120 item 2.2.1 foi transferida para recipiente de alumínio de 50 L e coberto por água destilada até
121 aproximadamente 10 cm da superfície do amido decantado. O recipiente foi protegido com
122 tela de nylon poliamida (GG-26, 800 micras, 280 micras, 55%, 9,2cm) e a fermentação
123 ocorreu em condições naturais à temperatura ambiente. Foram realizadas controles do
124 processo fermentativo na solução sobrenadante do recipiente, iniciando com coletas em
125 intervalos não regulares, ou seja, em dias que houve mudanças significativas no processo e
126 depois a cada 5 dias. Os controles foram as análises de pH e acidez titulável.

127 A fermentação foi interrompida quando a acidez do produto atingiu 5 mL de NaOH/100g
128 (5%), de acordo com a legislação vigente (Brasil, 2005). Ao final da fermentação, o
129 sobrenadante foi retirado e o amido fermentado foi submetido à secagem ao sol durante três
130 dias em uma bandeja de alumínio protegida com tule mosquiteiro, para ocorrer o processo de
131 secagem. O amido fermentado seco foi armazenado em sacos plásticos (PEDB) a -18 °C, para
132 posterior utilização.

133 As análises microbiológicas foram realizadas pelo Laboratório de Controle de Qualidade
134 de Alimentos (LCQA), da Universidade Federal de Goiás na suspensão de amido inicial e
135 final da fermentação e no produto seco ao sol. As amostras foram avaliadas utilizando meios
136 de cultura seletivos para cada grupo de microrganismos potencialmente presente no amido
137 fermentado: ágar BP (ágar BAIRD-PARKER) para isolamento e diferenciação de

138 Estafilococos coagulase positiva; ágar PCA (Plate Count Agar) para contagem de
 139 microrganismos aeróbios mesófilos; ágar btata para contagem de bolores e leveduras; ágar
 140 MYP para contagem de Bacillus cereus e ágar XLD para isolamento e diferenciação de
 141 patógenos entéricos.

142

143

144

145

146

147

148

149

150

151

152

153

154

155

156

157

158

159

160

161

162

163

164

165

166

167

168

169

170

171

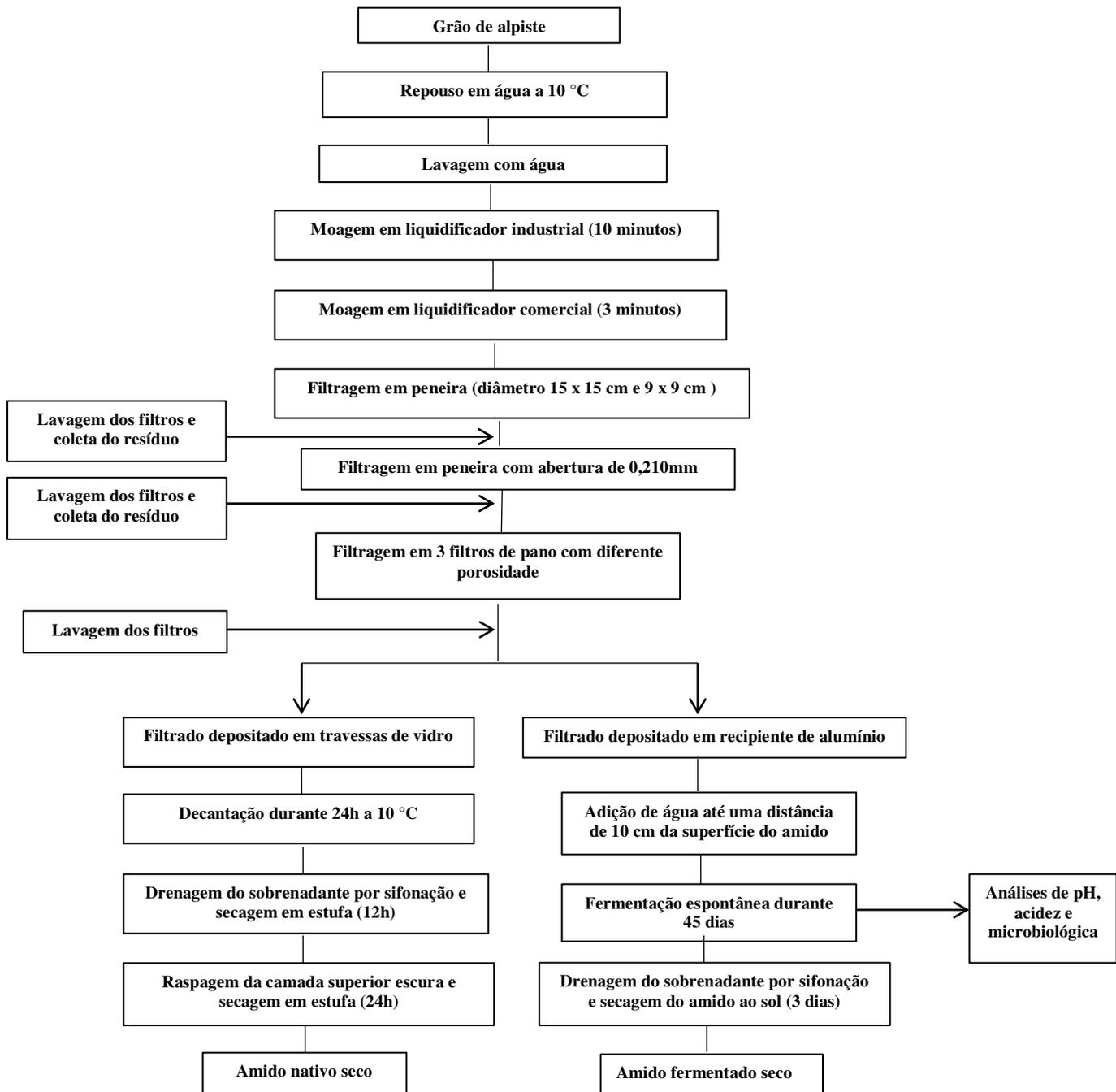


Fig. 1. Fluxograma da produção de amido fermentado de alpiste

172 **2.3. Composição físico - química do alpiste**

173

174 A umidade foi determinada utilizando o método gravimétrico de aquecimento da amostra
175 em estufa a 105 °C até o peso constante e a porcentagem de cinzas foi determinada por meio
176 da carbonização da amostra em chapa elétrica com posterior incineração em mufla a 550 °C,
177 segundo o método 925.10 e 923.03, respectivamente, da AOAC (2005). O teor de proteína
178 bruta foi obtido pelo processo de digestão Kjeldahl seguida de destilação e titulação da
179 amostra e a conversão de nitrogênio total em proteína foram realizadas utilizando o fator 5,7,
180 segundo o método 979.09 da AOAC (2005). Carboidratos totais foi estimada pelo método
181 descrito por Dubois, Gilles, Hamilton, Rebers, & Smith (1956), com leitura
182 espectrofotométrica à 490 nm e o teor de lipídeos foi realizado segundo método descrito por
183 Bligh & Dyer (1959).

184 A acidez titulável e o pH foi determinada pelo método de acidez álcool solúvel,
185 metodologia específica para cereais seguindo o método 943.02 da AOAC (2005). O teor de
186 amido foi quantificado por digestão ácida em micro-ondas (Cereda, Daiuto, & Vilpoux, 2004)
187 e a análise de minerais foi realizada pelo Laboratório de Análise de Solo e Foliar, localizado
188 na Escola de agronomia da UFG, seguindo metodologia descrita por Silva (2009).

189

190

191 **2.4. Caracterização dos amidos nativo e fermentado de alpiste**

192

193 2.4.1. Composição físico-química

194

195 As análises físico-químicas dos amidos nativo e fermentado foram realizadas seguindo as
196 técnicas descritas no item 2.3.

197

198 2.4.2. Teor aparente de amilose e amilopectina

199

200 A concentração de amilose foi determinada pelo método descrito por Juliano et al
201 (1979). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 590 nm e o conteúdo de amilopectina
202 foi obtido pela diferença de 100% do conteúdo de amilose (Pérez-Pacheco et al, 2014).

203

204 2.4.3. Propriedades de geleificação

205 Diferentes concentrações de amido (2 – 14 % p/v) foram preparadas em tubos de ensaio
 206 com 5 mL de água destilada. As suspensões foram homogeneizadas durante 5 minutos e
 207 aquecidos a 80 °C durante 30 minutos em banho-maria. A suspensão foi resfriada em água
 208 fria até 6 °C durante 2 horas, a fim de determinar a concentração mínima de gelificação, ou
 209 seja, a concentração mínima em que a amostra não deslizou no tubo de ensaio (Lawal &
 210 Adebowale, 2005).

211

212 2.4.4. Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA)

213

214 As análises de índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA)
 215 foram determinados de acordo com Anderson, Conway, & Peplinski et al. (1970), com
 216 algumas modificações. Foram colocados aproximadamente 2,5 g de amostra e 30 mL de água
 217 em tubo de Falcon, previamente tarado e incubados por 30 minutos à 25, 55, 70 e 95 °C em
 218 banho-maria, agitando intermitentemente. Os tubos foram centrifugados a 9000 rpm por 10
 219 minutos e o líquido sobrenadante foram transferidos para béquer previamente tarado e secos
 220 em estufas à 80 °C. O material remanescente no tubo e o béquer com o sobrenadante seco
 221 foram pesados e o IAA e o ISA foram calculados através da equação 2 e 3.

222

$$223 \quad \text{IAA (g gel. g}^{-1} \text{ matéria seca)} = \frac{\text{massa do precipitado úmido}}{\text{mass da amostra inicial}} \quad (2)$$

224

$$225 \quad \text{ISA (\%)} = \frac{\text{massa do sobrenadante seco}}{\text{massa da amostra inicial}} \quad (3)$$

226

227

228 2.4.5. Difração de raio-X

229

230 O padrão de difração de raio-X foi obtido utilizando-se um difratômetro de raio-X
 231 (SHIMADZU modelo DRX-6000) da Central Analítica do Instituto de Química (IQ) da UFG.
 232 Os difractogramas foram obtidos em uma faixa de varredura de 5° a 40° na escala de 2θ, com
 233 uma velocidade de 2°/minuto, operando a 40 kV e 30 mA com radiação incidente $\lambda = 1.54\text{Å}$
 234 de $\text{CuK}\alpha$. O grau de cristalinidade foi calculado pela Equação 4, descrita por Liu & Ng
 235 (2015), onde A_c é área cristalina e A_a é a área amorfa no difractograma da difração de raio-X.

236

$$237 \quad \text{Grau de cristalinidade (\%)} = \left(\frac{A_c}{A_c + A_a} \right) \times 100 \quad (4)$$

238 2.4.6. Propriedade de pasta

239

240 A análise do perfil viscoamilográfico foi determinada usando um Analisador Rápido de
241 Viscosidade (*Rapid Visco Analyser*, modelo RVA 4, Newport Scientific, Austrália) na empresa
242 Embrapa Arroz e Feijão®, localizada na cidade de Santo Antônio de Goiás, conforme método
243 61-02 da AACC International Approved Methods (AACC, 2000). Os dados de viscosidade
244 foram obtidos durante o aquecimento e resfriamento de uma suspensão aquosa de amido. Para
245 a realização da análise, utilizou-se suspensão de amostra moída (3g em 25 mL) corrigida para
246 12% de umidade e a viscosidade foi registrada usando o regime de tempo/temperatura: 50 °C
247 por 1 minuto, aquecimento de 50 °C para 95 °C a uma taxa de 11,84 °C/min, manutenção da
248 pasta a 95 °C por 3:30 minutos e resfriamento a 50 °C a uma taxa de 11,84 °C/min. Sete
249 parâmetros foram medidos no visco-amilograma: temperatura da pasta, pico de viscosidade
250 máxima, tempo para viscosidade máxima, quebra de viscosidade, viscosidade mínima,
251 viscosidade final e tendência à retrogradação (recuo). Os valores de viscosidade obtidos foram
252 expressos em centipoise (cP).

253

254 2.4.7. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

255

256 Para avaliar a morfologia do grão de alpiste, e dos grânulos do amido nativo e fermentado
257 do alpiste utilizou-se o Microscópio Eletrônico de Varredura (Jeol, JSM – 6610, equipado
258 com EDS, Thermo scientific NSS Spectral Imaging). A análise foi realizada no Laboratório
259 Multiusuário de Microscopia de Alta Resolução (LabMic) do Instituto de Física da UFG.
260 Além da avaliação da morfologia, o diâmetro de 10 grãos de alpiste foi medido em mm com
261 um paquímetro digital, enquanto que as imagens do MEV foram utilizadas para determinar o
262 tamanho aproximado dos grânulos de amido por meio do software ImageJ.

263

264 2.4.8. Análise termogravimétrica (TGA)

265

266 A análise termogravimétrica foi realizada no Laboratório de Análise Instrumental da
267 Universidade Estadual de Goiás, utilizando um analisador termogravimétrico Perkin Elmer
268 Pyris 1. Para avaliar a degradação térmica do amido nativo e fermentado, utilizou-se uma
269 massa de aproximadamente 5 mg, cadinho de platina, uma atmosfera inerte de nitrogênio de
270 20 mL/min, com taxa de aquecimento de 10 °C/min e uma faixa de temperatura de 25 a 645

271 °C. A perda de massa e a derivada da variação de massa (DTG) obtidas em diferentes faixas
272 de temperatura foram usadas para gerar as curvas de TGA.

273

274

275 **2.5. Propriedade de expansão dos biscoitos de amido fermentado**

276

277 Para a realização do teste de expansão foi elaborado biscoitos utilizando como referência
278 a metodologia prática proposta por Nunes & Cereda (1994), com algumas modificações. A
279 consistência da massa foi definida manualmente a partir de 10 gramas do amido fermentado e
280 8 mL de água fervente e modelada através de bico confeitiro circular nº10. Foram
281 confeccionados sete biscoitos padronizados no formato cilíndrico de aproximadamente 2 g,
282 distribuídos em assadeira e colocados em forno elétrico (Britania®, 10L) à temperatura de
283 170 °C por 15 minutos. A largura dos biscoitos foi determinada antes e após a massa ser
284 colocada no forno, usando paquímetro digital. Com o resultado se obteve o índice de
285 expansão através da relação entre a largura após o biscoito assado e a largura antes de assado.
286 O polvilho azedo comercial foi utilizado como controle.

287

288

289 **2.6. Análise estatística**

290

291 Todas as análises foram realizadas em três repetições e em triplicata. Os dados foram
292 apresentados com média e desvio padrão e submetidos à ANOVA, utilizando o teste t Student
293 pelo programa estatístico Sisvar®. Os valores de $p < 0,05$ foram considerados como
294 significativamente diferentes.

295

296

297 **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

298

299 **3.2. Processo fermentativo do amido**

300

301 O rendimento do processo de extração e fermentação do amido de alpiste encontra-se na
302 Tabela 1. Observa-se que os valores são inferiores ao encontrado por Abdel-Aal, Hulc,
303 Patterson, & Gray (2010), que fracionou o alpiste em óleo, proteína, fibra grossa, fibra fina, e

304 amido por três diferentes métodos de extração (água, etanol e álcali) e todos os métodos de
 305 extração apresentaram um rendimento de até 56,4%. Esse baixo rendimento (36,15% e
 306 12,23%) demonstram a necessidade de ajustes ao processo de extração aplicado no presente
 307 trabalho, como a etapa de trituração e filtração da suspensão de alpiste.

308

309 **Tabela 1.** Rendimento do amido nativo e do amido fermentado de alpiste

Variável	Extração	
	Amido nativo	Amido fermentado
Massa do grão de alpiste seco (kg)	3,6053	15,0157
Resíduo da extração seco (g)	977,13	7.699,4
Massa do amido seco após extração (kg)	1,3032	1,8365
Rendimento (%)	36,15	12,23

310

311

312 Com relação ao período de fermentação do amido de alpiste, o processo foi interrompido
 313 aos 45 dias, sendo que 12 amostras foram retiradas do recipiente e avaliadas quanto ao valor
 314 de pH e acidez (Fig. 1). O teor de acidez titulável e o pH são parâmetros que caracterizam a
 315 fermentação natural, pois indica se há formação de ácidos orgânicos pela microbiota presente
 316 no processo fermentativo (Marcon et al., 2006).

317 Durante o estágio inicial da fermentação do amido os componentes solúveis do alpiste
 318 (aminoácidos, açúcares livres, etc.) estão prontamente disponíveis e esses nutrientes e
 319 oxigênio dissolvido são rapidamente consumidos devido à rápida proliferação da microbiota,
 320 provocando uma queda de pH (Marcon et al., 2007), como mostra a Fig. 2. Isto indica que o
 321 amido de alpiste é uma fonte de carbono facilmente metabolizada pelos microrganismos.
 322 Entretanto, houve um acréscimo do pH até o 19º dia de fermentação (pH = 7,71), seguido de
 323 decréscimo novamente, chegando ao final da fermentação com valor de pH 5,5.

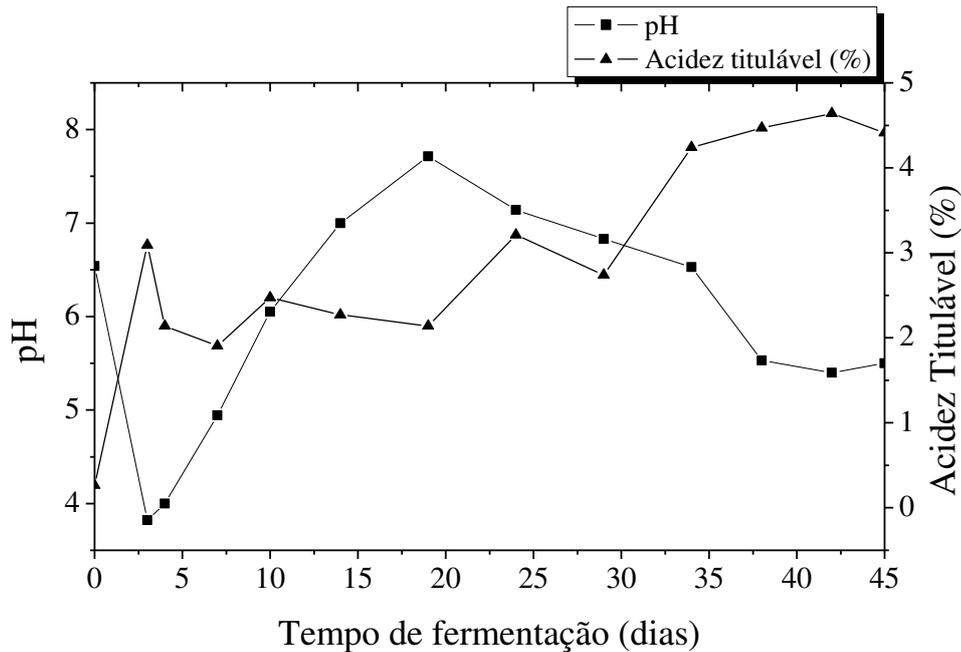


Fig. 2. Variação dos valores de pH e acidez durante a elaboração do amido fermentado de alpiste.

324

325

326

327

328

329

330

331

332

333

334

335

336

337

338

339

340

341

342

343

344

345

346

347

Segundo Randazzo et al. (2016), os microrganismos também são capazes de assimilar os ácidos orgânicos produzidos (fonte de carbono alternativa) para continuar o seu desenvolvimento. Desta forma, esse acréscimo do pH provavelmente está relacionado ao consumo dos ácidos orgânicos como fonte de carbono, diminuindo gradualmente.

Ao terceiro dia de fermentação houve um aumento da acidez total titulável, de 0,267% para 3,10%, indicando a produção de ácidos orgânicos pela atividade microbiana inicial. Posteriormente, houve uma redução da acidez titulável até o 19º dia que, também, está associado ao consumo dos ácidos orgânicos pela microbiota presente no recipiente. Ao final da fermentação, a acidez titulável alcançou valor de 4,41%.

Como a fermentação espontânea é um processo de sucessão microbiana, os microrganismos presentes provocam alterações físicas e químicas no meio e nesta sucessão microbiana, ocorre o crescimento de alguns microrganismos e desaparecimento de outros, devido à produção e consumo dos ácidos orgânicos (Penido et al., 2018). Desta forma, esse aumento da acidez, com respectivo decréscimo do pH, são resultados esperados em uma fermentação espontânea, fato confirmado por Aquino, Gervin, & Amante (2016), Ladeira & Pena (2011) e Carvalho, Canhos, Ribeiro, & Carvalho (1996).

O resultado da análise microbiológica nas diferentes etapas da fermentação do amido encontra-se na Tabela 2. A contagem microbiana foi realizada no tempo inicial e final da fermentação do amido e no produto seco ao sol.

348 **Tabela 2.** Análise microbiológica durante a elaboração do amido fermentado de alpiste

Ensaio	Amostras (tempo de fermentação)		
	Amido* (primeiro dia)	Amido com 45 dias de fermentação*	Amido fermentado e seco ao sol
Bactérias mesófilas aeróbias	2,0 UFC/g	$1,2 \times 10^{23}$ UFC/g	-
Bolores e leveduras	< 1,0 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g
<i>Estafilococos coagulase positiva</i>	< 1,0 UFC/g	< 10 UFC/g	< 10 UFC/g
<i>Bacillus cereus</i>	-	-	< 10 UFC/g
<i>Salmonella sp</i>	-	-	Ausência /25g
<i>Clostrídio sulfito redutor</i>	-	-	< 10 UFC/g
Coliformes a 45 °C (Termotolerantes)	-	-	< 3,0 NMP/g*

349 *O valor da contagem < 1,0 UFC/g e < 10 UFC/g, significa ausência de crescimento. NMP = número mais
350 provável.

351
352

353 No tempo inicial da fermentação, a contagem de bactérias mesófilas aeróbias foi de 2,0
354 UFC/g. Ao final da fermentação, essa população aumentou para $1,2 \times 10^{23}$ UFC/g. Esse
355 aumento é consequência do processo fermentativo. Segundo Silva et al. (2007), durante a
356 fermentação espontânea, é natural apresentar populações altas de bactérias mesófilas aeróbias,
357 pois esses microrganismos são os principais responsáveis pela redução do pH e pelo controle
358 do crescimento indesejável de bactérias patogênicas, como pode ser observado na Tabela 2, a
359 ausência de *Estafilococos coagulase positiva* na etapa inicial e final da fermentação.

360 Na Tabela 2 encontra-se o resultado da contagem de bolores e leveduras. Observa-se que
361 durante o processo fermentativo inicial e final não houve crescimento desses microrganismos.
362 No início da fermentação espontânea é comum a ausência de bolores e leveduras, pois esses
363 microrganismos atuam em ambiente ácido proporcionado pelas bactérias mesófilas iniciais e
364 também pelo consumo dos metabólitos (glicose) produzidos pelas bactérias amilolíticas.
365 Além disso, os bolores são encontrados mais na etapa pós-fermentativa ou se houver
366 contaminação durante o processo fermentativo (Alonso-Gomez et al., 2016; Miguel, Santos,
367 Duarte, Almeida, & Schwan, 2012).

368 Ao final da fermentação não foi detectado a presença de bolores e leveduras. A ausência
369 de leveduras pode estar relacionada à sucessão microbiana, na qual o período em que foram
370 coletadas as amostras não havia crescimento significativo de leveduras. Resultado semelhante
371 foi encontrado por Ampe, Sirvent, & Zakhia (2001) que avaliaram a dinâmica microbiana
372 durante a fermentação tradicional do amido de mandioca por métodos independentes de
373 cultura e constataram a ausência de bolores e leveduras no processo fermentativo.

374 Após a secagem do amido fermentado de alpiste a qualidade microbiológica do produto
 375 final foi avaliada seguindo as normas estipulada pela resolução da ANVISA - RDC Nº 12, de
 376 2 de janeiro de 2001 (Brasil, 2001). Pelos resultados obtidos na Tabela 2, observa-se que a
 377 análise microbiológica das amostras do amido fermentado seco ao sol encontra-se dentro dos
 378 limites estabelecidos pela legislação.

379

380

381 3.3. Composição físico-química

382

383 Os componentes químicos e físicos do alpiste, dos amidos nativo e fermentado, estão
 384 apresentados na Tabela 3 e 4. Pela Tabela 3, observa-se que os valores dos constituintes
 385 físico-químicos do alpiste, como os teores de proteína bruta, de lipídeos, de carboidratos e de
 386 amido apresentaram valores próximos ao obtido por Abdel-Aal, Hulc, Patterson, & Gray
 387 (2010) e Abdel-Aal, Hucl, & Sosulski (1997a), que avaliaram também as características
 388 estruturais e composicionais desde cereal. Quando comparado a outras gramíneas, o grão de
 389 alpiste avaliado neste trabalho apresentou níveis relativamente maiores de lipídeos e menores
 390 de proteínas que o trigo (2,5% e 17,3%, respectivamente) (Abdel-Aal, Hulc, Miller, Patterson,
 391 & Gray, 2011) e um valor próximo quando comparado à aveia (3-11% de lipídeos e 9-15% de
 392 proteínas) (Zhu, 2017).

393

394 **Tabela 3.** Composição físico - química do alpiste, dos amidos nativo e fermentado.

Amostras	Parâmetros (%)*							
	Umidade	Cinzas	Proteínas	Lipídeos	Carboidratos	Amido	pH	Acidez
Alpiste	7,80 ± 0,08	6,31 ± 0,13	13,27 ± 0,09	7,38 ± 0,09	65,99 ± 0,2	57,84 ± 0,2	6,62 ± 0,02	2,85 ± 0,09
Amido Nativo	5,21 ± 0,07 ^b	0,71 ± 0,08 ^a	11,56 ± 0,09 ^a	6,10 ± 0,17 ^b	76,28 ± 0,0 ^a	75,45 ± 0,7 ^b	4,37 ± 0,09 ^b	1,80 ± 0,30 ^b
Amido fermentado	6,71 ± 0,05 ^a	0,73 ± 0,03 ^a	5,17 ± 0,03 ^b	10,19 ± 0,07 ^a	77,98 ± 0,77 ^a	77,73 ± 0,4 ^a	4,85 ± 0,03 ^a	12,81 ± 0,002 ^a

395 * Média e desvio padrão de três repetições. Letras iguais nas colunas não se diferenciam em Teste t Student com
 396 nível de significância $p > 0,05$. Os valores dos constituintes do amido nativo e fermentado foram determinados após
 397 secagem das amostras.

398

399 Aproximadamente 58% do grão de alpiste foi composto por amido (Tabela 6). O
 400 resultado obtido já era esperado, pois o elevado conteúdo deste carboidrato é a principal
 401 característica desde grão (Cogliatti, 2012).

402 Em relação ao teor de resíduo mineral fixo (cinzas), o valor observado na Tabela 3 foi
403 maior que o encontrado por Abdel-Aal, Hulc, Miller, Patterson, & Gray (2011) e Abdel-Aal,
404 Hulc, Patterson, & Gray (2010). Ao avaliar esse parâmetro, esses autores encontraram um
405 valor próximo de 2,3% para o alpiste (Cultivar CDC Maria) enquanto que no presente
406 trabalho alcançou um valor de 6,31%. Resultado semelhante foi relatado por Oliveira (2015)
407 que caracterizou o grão de alpiste e encontrou uma porcentagem de cinzas de 6,0%.

408 De acordo com a Portaria N°65 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
409 (Brasil, 1993), a umidade máxima permitida no grão de alpiste é de 12% (p/p). Esse limite é
410 exigido para que não ocorra alteração de qualidade durante o armazenamento pela
411 proliferação de microrganismos e atividade enzimática (Cogliatti, Bodega & Dalfonso, 2014).
412 Desta forma, observa-se que a umidade do alpiste encontra-se dentro dos limites estabelecidos
413 pela legislação (Tabela 3)

414 Os valores do potencial hidrogeniônico (pH) e da acidez do grão de alpiste também foram
415 avaliados. A determinação desses parâmetros é importante por estar ligado ao controle de
416 qualidade do alimento (Cecchi, 1999). Observa-se que o valor de pH encontra-se entre 6,0 –
417 7,0, faixa susceptível à contaminação microbiológica, mas a baixa umidade encontrada no
418 alpiste torna-se um dos fatores que reduz a velocidade de crescimento dos microrganismos
419 (Cecchi, 1999), enquanto que a acidez total foi de 2,85.

420 Em relação ao amido nativo, observa-se que os resultados do teor de proteína, de lipídeo
421 e de amido não apresentaram valores próximos ao obtido por Irani, Abdel-Aal, Razavi, Hucl,
422 & Patterson (2017), que extraiu o amido de alpiste pelo método tradicional de extração
423 alcalina, utilizando etanol, solução alcalina e água e obtiveram um amido com maior grau de
424 pureza (0,5% de proteína; 0,21% de lipídeo e 94,6% de amido).

425 Tais resultados demonstram que o método de extração utilizado no presente trabalho,
426 incluindo a raspagem da camada superior de coloração escura, não foi capaz de eliminar o
427 conteúdo de proteínas e lipídeos suficiente para obter amido com maior pureza, reduzindo
428 apenas 12,88% de proteínas e 17,34% de lipídeos em relação a matéria-prima (alpiste).

429 Segundo Rocha, Demiate, & Franco (2008) é normal os grânulos de amido apresentarem
430 baixos teores de cinzas, já que ocorrem várias etapas de filtração durante o processo. No
431 presente trabalho, o amido nativo de alpiste apresentou 0,71% de cinzas, valor superior ao
432 relatado por Irani, Abdel-Aal, Razavi, Hucl, & Patterson (2017), que obteve 0,22% de cinzas.

433 Ao comparar o amido nativo com o amido fermentado de alpiste, observa-se diferença
434 significativa ($p > 0,05$) entre as suas umidades. Esta diferença está relacionada ao modo de
435 secagem do produto final, no qual o amido fermentado, que apresentou maior teor de

436 umidade, sofreu o processo de secagem ao ar livre, enquanto que o amido nativo foi obtido
437 pela secagem em estufa.

438 O teor de cinzas e de carboidratos não apresentaram diferenças significativas entre as
439 amostras comparadas, enquanto que o conteúdo de proteínas e de lipídeos apresentou
440 diferença estatística ($p > 0,05$) após o processo de fermentação. Em relação ao teor de
441 proteínas, houve redução de 55,28% após a fermentação do amido. Essa redução é atribuída
442 ao consumo dos aminoácidos pela microbiota presente no meio (Walker, 2014). Observando
443 os teores de lipídeos no amido nativo e no fermentado pode-se considerar que esse
444 constituinte não foi eliminado durante o processo de extração. O aumento desse composto,
445 após a fermentação, está relacionado aos lipídeos presentes naturalmente nas estruturas
446 celulares dos microrganismos (Nigam & Singh, 2014).

447 A redução no valor do pH do amido fermentado de alpiste (4,85) ocorreu em função do
448 processo de fermentação espontânea. Entretanto, o baixo pH encontrado no amido nativo de
449 alpiste não era esperado. Essa redução está associado ao pH da água destilada ($4,85 \pm 0,06$)
450 utilizada para sua extração, como também uma fermentação de curto prazo durante o período
451 de secagem em estufa. Em relação à acidez do amido fermentado, observou-se um aumento
452 de 85% quando comparada com a acidez do amido nativo, consequência da fermentação
453 natural.

454 Segundo Rebouços (2015), durante o processo de secagem ao sol pode ocorrer ainda uma
455 fermentação e formação de ácidos orgânicos, aumentando assim a acidez do produto final e,
456 além disso, como a fermentação é interrompida em diferentes estágios de desenvolvimento há
457 variação da produção dos ácidos como também a natureza dos ácidos formados, sendo a
458 variação da acidez dependente do tamanho da cadeia e do número de carboxilas.

459 Na Tabela 4 encontram-se os teores de macrominerais (N, P, K, Ca, Mg e S) e
460 microminerais (B, Cu, Fe, Mn e Zn) do grão de alpiste e dos seus produtos (amido nativo e
461 fermentado).

462 Em relação à matéria-prima (alpiste), os dados de alguns minerais se aproximaram e
463 outros se distanciaram dos valores relatados por Abdel-Aal, Hulc, Miller, Patterson, & Gray
464 (2011), no qual encontraram no mesmo cereal 5,9 g/kg de fósforo (P); 3,4 g/kg de potássio
465 (K); 0,4 g/kg de cálcio (Ca); 1,95 g/kg de magnésio (Mg); 3,0 g/kg de enxofre (S); 2,0 mg/kg
466 de cobre (Cu); 59 mg/kg de ferro (Fe); 71 mg/kg de manganês (Mn) e 35 mg/kg de zinco
467 (Zn).

468
469

470 **Tabela 4.** Teores de macro e microminerais do alpiste, dos amidos nativo e fermentado

Amostras	Macrominerais (g/kg)					
	N	P	K	Ca	Mg	S
Alpiste	99,47 ± 4,62	3,58 ± 0,14	1,93 ± 1,15	1,82 ± 0,02	1,50 ± 0,09	3,72 ± 0,34
Amido nativo	86,13 ± 4,29 ^a	1,74 ± 0,15 ^a	-	1,45 ± 0,28 ^a	0,06 ± 0,01 ^a	2,23 ± 0,26 ^a
Amido fermentado	41,97 ± 1,16 ^b	1,21 ± 0,05 ^b	-	1,31 ± 0,03 ^a	0,06 ± 0,02 ^a	0,80 ± 0,17 ^b
	Microminerais (mg/kg)					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	
Alpiste	3,10 ± 0,0	10,59 ± 0,63	177,91 ± 7,65	7,19 ± 1,42	24,83 ± 2,07	
Amido nativo	2,16 ± 0,1 ^a	9,80 ± 0,45 ^a	137,28 ± 5,97 ^a	-	4,18 ± 0,11 ^b	
Amido fermentado	1,69 ± 0,0 ^b	10,49 ± 1,12 ^a	83,55 ± 1,50 ^b	-	4,06 ± 1,76 ^b	

471 * Média e desvio padrão de três repetições. Letras iguais nas colunas não se diferenciam em Teste

472 t Student com nível de significância $p > 0,05$.

473

474 De acordo com a Comissão de Desenvolvimento de Alpiste de Saskatchewan (CDCS,
475 2018), o alpiste é uma fonte em fósforo, magnésio e manganês que o trigo, aveia e cevada, se
476 aproximando mais aos teores encontrados no pseudocereal amaranto.

477 Ao comparar o amido nativo com o amido fermentado, observa-se que não houve
478 diferença significativa ($p > 0,05$) para os níveis de Ca, Mg, Cu e Zn, enquanto que para os
479 níveis de N, P, S, B e Fe houve diferença estatística ($p > 0,05$), com redução desses minerais
480 após o processo fermentativo.

481 Segundo Fiorda et al. (2017) além da presença dos açúcares redutores, o conteúdo de
482 minerais provoca o enriquecimento do meio de cultivo e com isto, favorece o crescimento
483 microbiano no recipiente pelo consumo dos mesmos. Em relação ao teor de nitrogênio,
484 observa-se que os resultados corroboram com os dados do teor de proteína explanado na
485 Tabela 3, em que o método de extração foi capaz de eliminar aproximadamente 13% dos
486 compostos nitrogenados, enquanto que durante a fermentação houve um consumo de mais de
487 50% desses compostos pela microbiota presente no recipiente.

488

489

490 **3.4. Teor aparente de amilose e amilopectina**

491

492 O teor de amilose e amilopectina quantificado no presente estudo (Tabela 5)
493 apresentaram valores diferentes dos dados encontrados na literatura. Irani, Abdel-Aal, Razavi,
494 Hucl, & Patterson (2017) determinaram o teor de amilose nas variedades de alpiste CDC

495 Maria e C05041 e encontraram valores de 23,6% e 22,5%, respectivamente. Já Abdel-Aal;
 496 Hucl; Sosulski (1997b) relataram um conteúdo mais baixo de amilose no alpiste (cultivar
 497 Keet), variando de 16,2 a 19,5%.

498

499 **Tabela 5.** Teor de amilose e amilopectina no amido nativo e fermentado de alpiste

Amostra	Amilose (%)	Amilopectina (%)
Amido nativo	29,76 ± 0,8 ^b	70,24 ± 0,8 ^a
Amido fermentado	32,17 ± 0,6 ^a	63,87 ± 0,6 ^b

500 *Média e desvio padrão de três repetições. Letras iguais nas colunas não se diferenciam em Teste t Student com
 501 nível de significância $p > 0,05$.

502

503

504 De acordo com Alvarado et al. (2013), a variação dos teores de amilose e amilopectina
 505 pode estar relacionada ao genótipo do cereal como, também, as condições ambientais ou
 506 época de plantio das culturas. É válido ressaltar que o aumento do teor de amilose pode
 507 refletir no processo de inchamento do grânulo de amido, na gelatinização e no comportamento
 508 de degradação durante a ingestão (Fontes, Cavalcante, Candeia, & Almeida, 2016). O
 509 resultado expresso na Tabela 5 foi semelhante ao conteúdo de amilose presente no amido de
 510 aveia, no qual o teor varia de 2-34% (Zhu, 2017).

511 Ao comparar o amido nativo com o amido fermentado de alpiste, observa-se aumento de
 512 7,49% no teor de amilose após a fermentação. Díaz, Dini, Vina, & García (2018) e Rebouças
 513 (2015) avaliaram o método de fermentação durante a produção de polvilho azedo de
 514 mandioca e verificaram que não há diferença significativa no teor de amilose após o processo
 515 de fermentação e com isso, o conteúdo de amilose não é uma característica que permite
 516 distinguir amidos fermentados de amidos nativos.

517 Durante a fermentação, como ocorre alteração nos grânulos de amido pelo ataque das
 518 enzimas amilolíticas microbiana e pela acidez dos ácidos orgânicos formados (Ladeira &
 519 Pena, 2011), o aumento aparente do teor de amilose no amido fermentado provavelmente é
 520 causado pela intensificação da cor azul das frações lineares produzidas pela hidrólise
 521 enzimática/ácida da região amorfa da amilopectina durante o processo fermentativo (Onitilo,
 522 2007).

523

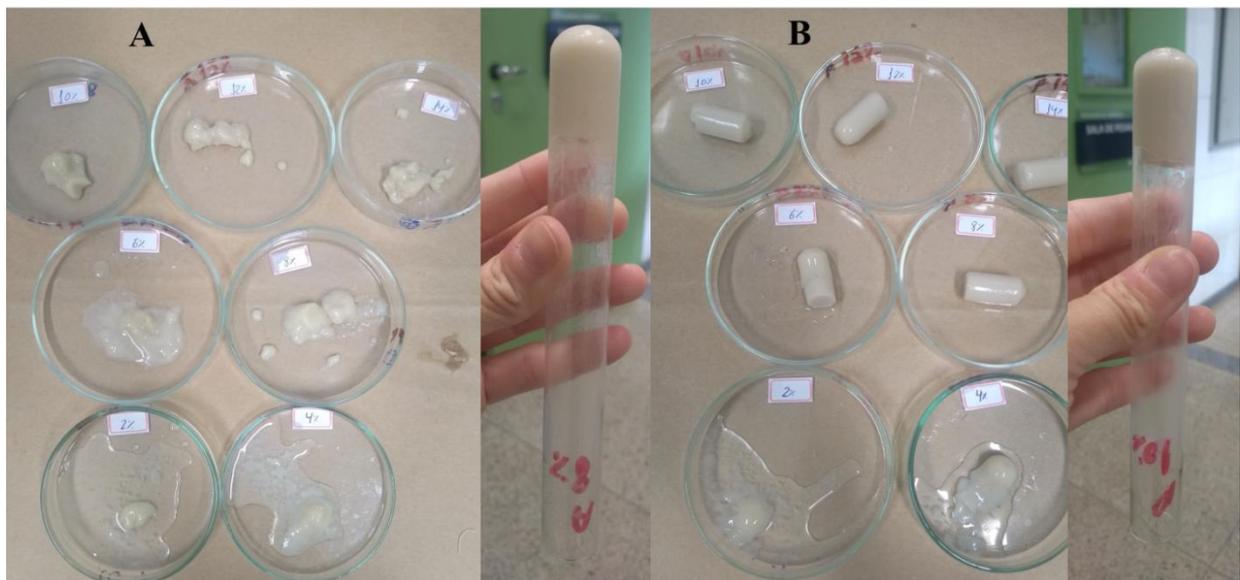
524 **3.5. Propriedades de geleificação**

525

526 A Fig. 3 mostra os resultados obtidos no estudo da capacidade de geleificação dos amidos
 527 nativo e fermentado. Este estudo consiste na transformação irreversível da ordenação granular
 528 do amido em uma pasta viscoelástica quando submetido ao aquecimento em meio aquoso. O
 529 amido pode-se apresentar como uma pasta viscoelástica ou um gel elástico opaco,
 530 dependendo da concentração utilizada (Azevêdo, Sá, Rovani, & Fungaro, 2018).

531 Baseado neste estudo observa-se que os amidos nativo e fermentado já iniciaram com
 532 característica líquida-viscosa para a menor concentração (2%). A partir da concentração 4%, a
 533 viscosidade tornou-se mais intensa. Na concentração de 8%, o amido nativo apresentou o
 534 estado geleificante, que foi observado pela amostra do tubo invertido não ter deslizado nele
 535 (Fig.3A). Para o amido fermentado, notou-se que na concentração de 8% se observa o gel
 536 opaco, entretanto, apenas na concentração de 10% atinge totalmente o estado geleificante
 537 (Fig. 3B).

538



539

540 **Fig. 3.** Propriedades de geleificação: amido nativo com diferentes concentrações e concentração mínima de
 541 geleificação obtida (A); amido fermentado com diferentes concentrações e concentração mínima de geleificação
 542 obtida (B).

543

544 Fontes, Cavalcante, Candeia, & Almeida (2016) estudaram o comportamento de
 545 geleificação do amido de banana da variedade verde de Mysore e observaram que na
 546 concentração de 2% a amostra ainda estava no estado líquido. Lawal & Adebawale (2005)
 547 estudaram o amido modificado de feijão (*CANOVA*ia ensiformis) e observaram também esse
 548 mesmo comportamento, o que difere do resultado obtido no presente estudo. De acordo com
 549 Azevêdo, Sá, Rovani, & Fungaro (2018) amidos contendo altos teores de amilose aumentam a

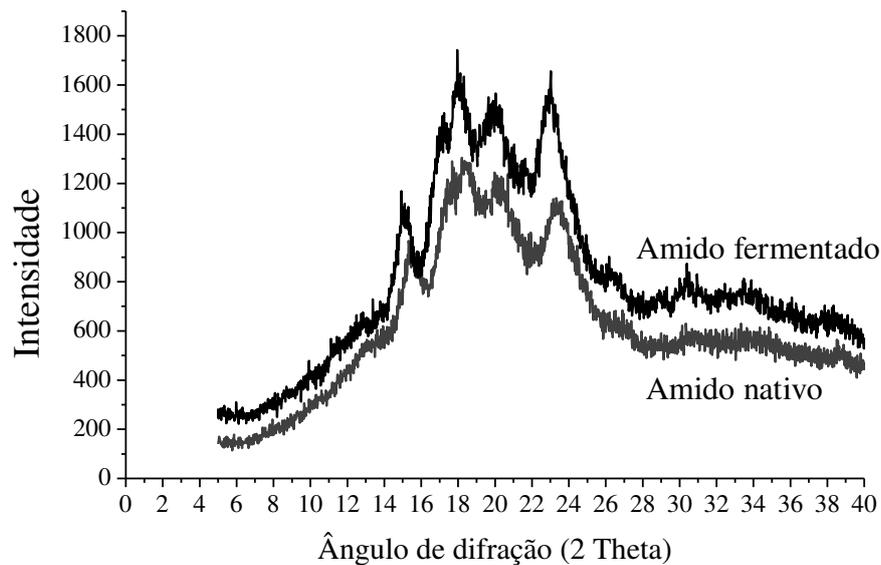
550 viscosidade e favorece a formação de pastas viscoelásticas, o que explicaria, em uma menor
 551 concentração (2%), para ambas as amostras, apresentarem característica viscosa (Fig. 3).

552

553 3.6. Difração de raio-X

554

555 A análise de difração de raios-X foi realizada para avaliar as propriedades estruturais dos
 556 amidos de alpiste nativo e fermentado. Os grânulos de amido apresentam uma estrutura semi-
 557 cristalina que corresponde a diferentes formas polimórficas e são classificadas em tipos A, B e
 558 C (Moo-Huchin et al., 2015). Através dos difratogramas de raio-X (Fig. 4), ambas as amostras
 559 apresentaram o mesmo perfil de difratograma, um padrão de difração do tipo A, típico dos
 560 amidos de cereais (arroz, aveia, milho, trigo), com picos característicos de maiores
 561 intensidades de refração em aproximadamente $2\theta = 15, 17, 18$ e 23° (Liu & Ng, 2015), como
 562 pode ser observado na Fig. 4.



563

564

Fig. 4. Padrões de difração de raios X dos amidos nativo e fermentado

565

566

567 O pico em $2\theta = 20$ é característica do complexo amilose-lipídeos e ambas as amostras
 568 apresentaram forte pico em $2\theta = 20$. Irani, Abdel-Aal, Razavi, Hucl, & Patterson (2017)
 569 avaliaram o amido de duas variedades de alpiste (CDC Maria e C05041) e também
 570 observaram o mesmo comportamento, afirmando que o amido de alpiste tem como
 571 característica a presença de grandes quantidades de fosfolipídios.

572 Amidos que exibem o padrão de difração de raios-X tipo A são constituídos por
573 amilopectinas de cadeia ramificada média relativamente curta (LIU & NG, 2015) e ao
574 observar a Figura 4, os amidos nativo e fermentado apresentaram o pico localizado
575 aproximadamente 23°, que é característica da presença de amilopectina (Alonso-Gomez et al.,
576 2016).

577 Embora padrões similares tenham sido obtidos para ambos os amidos, o amido nativo
578 apresentou um grau relativamente maior de cristalinidade que o amido fermentado (52,98 %
579 para o amido nativo e 42,43 % para o amido fermentado), o que demonstra que houve
580 alteração da estrutura após o processo fermentativo. Díaz, Dini, Vina, & García (2018)
581 observaram que após fermentação do amido, os grânulos apresentaram a mesma ou
582 ligeiramente menor cristalinidade que os amidos nativos.

583 Os amidos nativos geralmente têm um grau de cristalinidade de 15 a 45%, o que não foi
584 observado no presente estudo, apresentando um grau de cristalinidade maior que a faixa
585 citada acima. Moo-Huchin et al. (2015) avaliaram a estrutura dos amidos de ramom e milho e
586 relataram um grau de cristalinidade de 30,56 e 26,68%, respectivamente. Enquanto que Putri,
587 Marseno, & Cahyanto (2012) ao avaliarem as propriedades estruturais e físico-química do
588 polvilho azedo de mandioca observaram um grau de cristalinidade para o amido nativo de
589 44,16% e para o amido fermentado (polvilho azedo) de 40,52%.

590 As mudanças na cristalinidade dependem da fonte botânica do amido e das condições
591 usadas para sua extração. Além disso, o uso da temperatura, como o período longo de
592 secagem na estufa para eliminação de água, pode provocar um rearranjo das moléculas de
593 amido e maior interação entre eles, aumentando assim à cristalinidade deste carboidrato
594 (Pepe, Moraes, Albano, Telis & Franco, 2015).

595

596

597 **3.7. Propriedade de pasta**

598

599 As mudanças da viscosidade provocadas durante os ciclos de aquecimento e resfriamento
600 pelo RVA são usadas como parâmetros para determinar a estabilidade das pastas de amido
601 formadas, como também prever seu comportamento durante o processamento e
602 armazenamento (Granato & Nunes, 2016). Na tabela 6 mostra os dados obtidos pela leitura
603 do RVA dos amidos nativo e fermentado.

604 Em relação ao amido nativo de alpiste, observou-se que o perfil de viscosidade foi menor
605 que o amido analisado nas duas variedades de alpiste por Irani, Abdel-Aal, Razavi, Hucl, &

606 Patterson (2017). Provavelmente parte dos grânulos de amido nativo obtido no presente
 607 trabalho apresentaram perda de sua integridade e estrutura cristalina durante a fase de
 608 aquecimento, revelando um perfil de viscosidade mais baixo.

609

610 **Tabela 6.** Propriedades da pasta do amido nativo e do amido fermentado de alpiste em comparação
 611 com o amido das variedades de alpiste (CDC MARIA e C05041).

Amostras	Parâmetros*							Autor
	TP(°C)	Tempo P (min)	PV (cP)	VM (cP)	QV (cP)	VF (cP)	R (cP)	
Amido Nativo	78,0 ^a ± 0,5	6,2 ^b ± 0,1	1125,6 ^a ± 15,9	665,3 ^b ± 35,7	460,3 ^a ± 20,1	1825,3 ^a ± 98,1	1160 ^a ± 108,5	-
Amido fermentado	78,1 ^a ± 0,0	7,0 ^a ± 0,0	1149,4 ^a ± 43,4	939,6 ^a ± 39,2	-29,6 ^b ± 4,2	1683,6 ^a ± 41,1	504,7 ^b ± 16,0	-
CDC MARIA	84,3	10,27	2474,5	1864,0	610,5	4647,0	2783,0	Irani et al.(2017)
C05041	84,5	10,03	2525,0	1741,5	783,5	4358,5	2617,0	Irani et al.(2017)

612 * Média e desvio padrão de três repetições. Letras iguais nas colunas não se diferenciam em Teste t Student com
 613 nível de significância $p > 0,05$. TP = temperatura da pasta; Tempo P = tempo para o pico de viscosidade máxima;
 614 PV = pico de viscosidade máxima; VM = viscosidade mínima; QV = quebra de viscosidade; VF = viscosidade
 615 final; R= tendência à retrogradação.

616

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

Durante a fase inicial da curva de RVA, os grânulos de amido são aquecidos até temperatura elevada (95 °C), ocasionando absorção de água, inchamento, empastamento e gelatinização dos grânulos, com conseqüente aumento de viscosidade nas pastas de amido (ZABOT et al., 2019). Nesta etapa, observa-se que o amido fermentado de alpiste apresentou a mesma temperatura de formação de pasta e o mesmo comportamento de viscosidade à alta temperatura (pico de viscosidade máxima) que o amido nativo, não diferindo estatisticamente.

Em relação ao tempo do pico de viscosidade máxima, houve diferença significativa entre as amostras de amido nativo e fermentado, sendo de 6,2 e 7,0 minutos, respectivamente, o que indica que o tempo gasto para atingir a viscosidade máxima na fase de aquecimento não foi semelhante para as duas amostras. O maior tempo de pico para o amido fermentado pode ser atribuído à presença do complexo lipídico-amilose.

A segunda fase é caracterizada pelo rompimento dos grânulos em função da temperatura elevada e da tensão de cisalhamento (agitação mecânica), com conseqüente quebra da viscosidade (resultado da diferença de viscosidade máxima com a viscosidade mínima) (Zabot et al., 2019). Nesta etapa, observou-se que o amido fermentado de alpiste apresentou menor

634 quebra de viscosidade (maior estabilidade à agitação mecânica) que o amido nativo, o que
635 indica que o amido fermentado é mais resistente ao inchamento e colapso que o amido nativo.

636 Estudos revelam que amidos fermentados, por apresentar grânulos enfraquecidos pela
637 despolimerização parcial causada pelas enzimas amilolíticas e ácidos orgânicos, como
638 também pela irradiação UV, se desintegram rapidamente, levando a maior quebra de
639 viscosidade (Putri, Marseno, & Cahyanto, 2012). Como o amido fermentado apresentou
640 maior conteúdo de lipídeos, a menor quebra de viscosidade refere-se à maior formação do
641 complexo lipídeo-amilose, estabilizando a pasta em elevadas temperaturas (Alvarado et al.,
642 2013).

643 Na última fase, ocorre o resfriamento da pasta e rearranjo dos polímeros de amilose e
644 amilopectina, ocasionando outro aumento de viscosidade, chamado de tendência a
645 retrogradação. Nesta fase, o amido fermentado apresentou menor tendência à retrogradação
646 que o amido nativo de alpiste. Segundo Zhu (2017), quanto maior o teor de amilose nos
647 grânulos de amido maior será a retrogradação, o que não foi observado no presente estudo.
648 Desta forma, o maior teor aparente de amilose encontrado no amido fermentado de alpiste
649 pode está associado às frações lineares de baixo peso molecular formada pela
650 despolimerização parcial da amilopectina durante a fermentação e secagem ao sol, levando a
651 uma menor tendência a retrogradação que o amido nativo (Putri, Marseno, & Cahyanto,
652 2012).

653

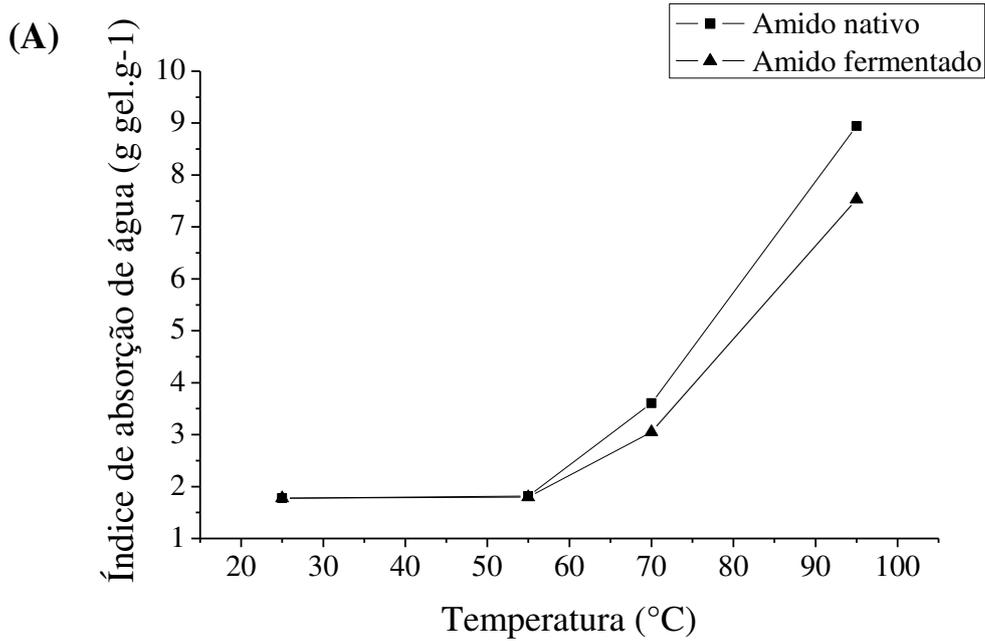
654

655 **3.8. Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA)**

656

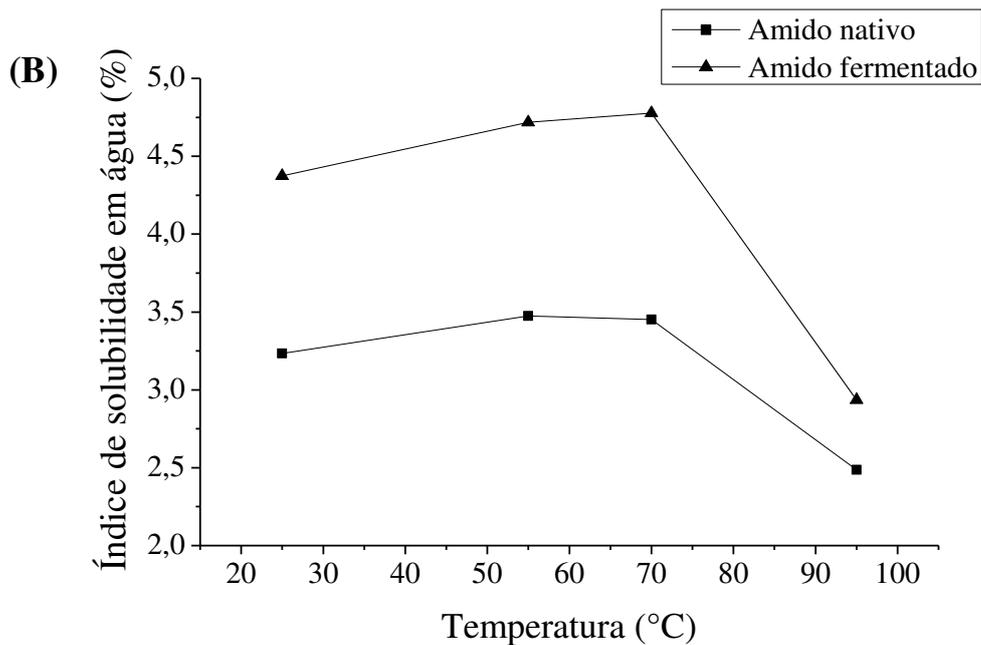
657 Os resultados obtidos para o índice de absorção de água (IAA) e para o índice de
658 solubilidade (ISA) dos amidos nativo e fermentado em função da temperatura são
659 apresentados na Fig. 5. O comportamento da Fig. 5A confirma que até 50 °C não ocorreu
660 nenhuma modificação no comportamento dos amidos, o que corresponde à inexistência de
661 gelatinização. A partir de 55 °C observou-se a elevação do IAA, sendo que um aumento
662 exponencial pode ser notado a partir da temperatura de 70 °C.

663 Quando o amido é aquecido em excesso de água à vibração das moléculas dos grânulos
664 causa quebra de ligações intermoleculares, permitindo que os locais de ligação liberados
665 façam ligações de hidrogênio com a molécula de água. Os grânulos de amido incham e as
666 moléculas de amilose lixiviam para a fase aquosa, aumentando o valor de solubilidade
667 (Hedayati & Niakousari, 2018).



668

669



670

671

672

673

674

675

676

677

678

679

Fig. 5. Efeito da temperatura sobre: (A) índice de absorção de água (IAA) e (B) o índice de solubilidade em água (ISA) dos amidos nativos e fermentados de alpiste.

O índice de absorção de água, ou poder de inchamento indica a capacidade de retenção de água pelo amido e, neste estudo, o IAA de ambas as amostras (Fig. 5A) aumentaram de 1,81 para 3,61 % e 1,80 para 3,05 % para os amidos nativo e fermentado, respectivamente quando a temperatura variou de 55 para 70 °C e aumentaram acentuadamente para 8,94 e 7,53 % para os amidos nativo e fermentado, respectivamente, quando a temperatura alcançou 95 °C.

680 O menor inchaço observado para o amido fermentado corresponde à formação de um
681 complexo insolúvel em água, com lipídeos e amilose, durante o aquecimento, que restringe o
682 inchamento granular (Galliard & Bowler, 1987), como indicado pelos dados da difração de
683 raio-X que exibiu um forte pico do complexo amilose-lipídeos. Neste trabalho, o IAA do
684 amido nativo de alpiste, à temperatura elevada (95 °C), apresentou valor menor que o amido
685 de alpiste estudado por Irani, Abdel-Aal, Razavi, Hucl, & Patterson (2017), onde o IAA
686 alcançou um valor de aproximadamente 11%.

687 Em relação ao índice de solubilidade (Fig. 5B), o amido fermentado apresentou maior
688 solubilidade em água do que o amido nativo de alpiste, o que já era esperado. Segundo
689 Ladeira & Pena (2011), os grânulos do polvilho azedo têm maior solubilidade do que o amido
690 nativo, devido à liberação parcial da amilose durante o processo de fermentação. Em seus
691 estudos também foi avaliado o índice de solubilidade em amidos nativos e polvilhos azedos
692 de três cultivares de mandioca e observaram o aumento da solubilidade em amidos
693 fermentados.

694 Na Fig. 5B, observa-se uma redução da solubilidade, em ambas as amostras, a partir de
695 70 °C, provavelmente devido ao rompimento da estrutura e lixiviação de compostos dos
696 grânulos. Fontes, Cavalcante, Candeia, & Almeida (2016) estudaram o amido de banana da
697 variedade verde de Mysore e também observou o mesmo comportamento de redução da
698 solubilidade após 70 °C e afirma que amidos com redução na solubilidade pode ser
699 direcionada para certas aplicações industriais, oferecendo baixa retenção de água e gordura.

700

701 **3.9. Análise morfológica**

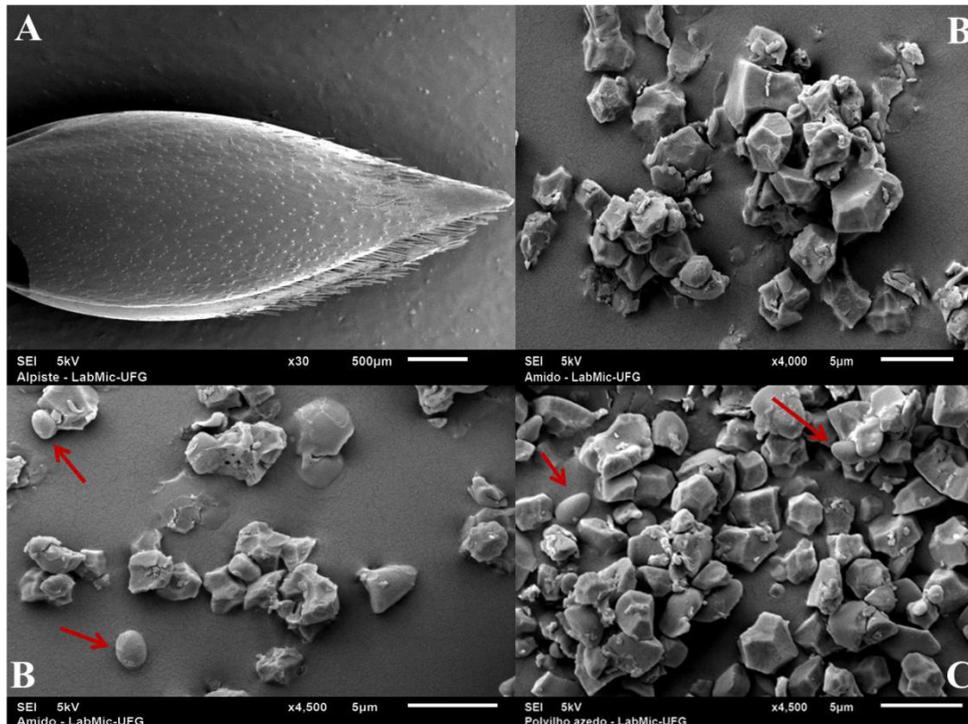
702

703 As características morfológicas do grão de alpiste e dos grânulos dos amidos nativo e
704 fermentado são ilustradas na Fig. 6. O alpiste (Fig. 6A) apresentou forma elíptica com
705 tamanho aproximado de $4,7 \pm 0,3$ mm de comprimento e $2,0 \pm 0,1$ mm de largura. Observa-se
706 também a presença das espículas siliciosas (pelos formado por sílica) nessa variedade
707 utilizada no presente estudo.

708 Os grânulos do amido nativo (Fig. 6B) apresentaram forma poligonal e irregular, com
709 diâmetro variando de 1,3 a 5,5 μ m, semelhante aos resultados relatados na literatura. Irani et
710 al (2017) avaliaram as variedades de alpiste CDC Maria' e 'C05041' e encontraram grânulos
711 poligonais com diâmetros de 0,5 a 7,5 μ m. Já Abdel-Aal; Hucl e Sosulski (1997a) avaliaram o
712 alpiste da cultivar Keet e os grânulos de amido apresentaram diâmetros de 1,5 a 3,5 μ m. A

713 morfologia do amido de alpiste é semelhante à apresentada para o amido de milho (Rincón-
714 Londono, Vega-Rojas, Contreras-Padilla, Acosta-Osorio, & Rodríguez-García, 2016).

715



716

717 **Fig. 6.** Microscopia eletrônica de varredura: grão de alpiste (A); amido nativo de alpiste
718 (B); amido fermentado de alpiste (C).

719

720 Após a fermentação, os grânulos do amido (Fig. 5C) apresentaram a mesma estrutura
721 morfológica que o amido nativo (Fig. 6B), com diâmetros variando de 0,9 a 4,4 μm . Além das
722 estruturas poligonais, grânulos com formatos ovais (setas em vermelho) também foram
723 observados, o que provavelmente são grânulos em fase de crescimento.

724 Na superfície dos grânulos do amido (Fig. 6B), observa-se a presença dos resíduos de
725 proteínas e lipídeos, dificultando a visualização exata de alguns grânulos. Após a
726 fermentação, os grânulos do amido fermentado (Fig. 6C) apresentaram superfície mais lisa
727 pela redução desses componentes durante o processo fermentativo.

728

729

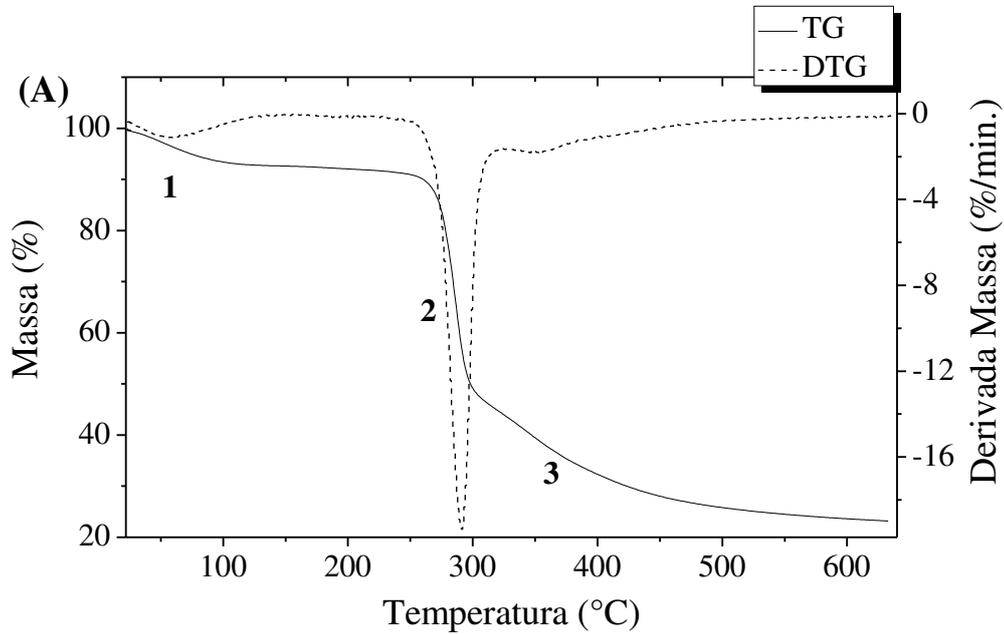
730 3.10. Análise termogravimétrica (TGA)

731

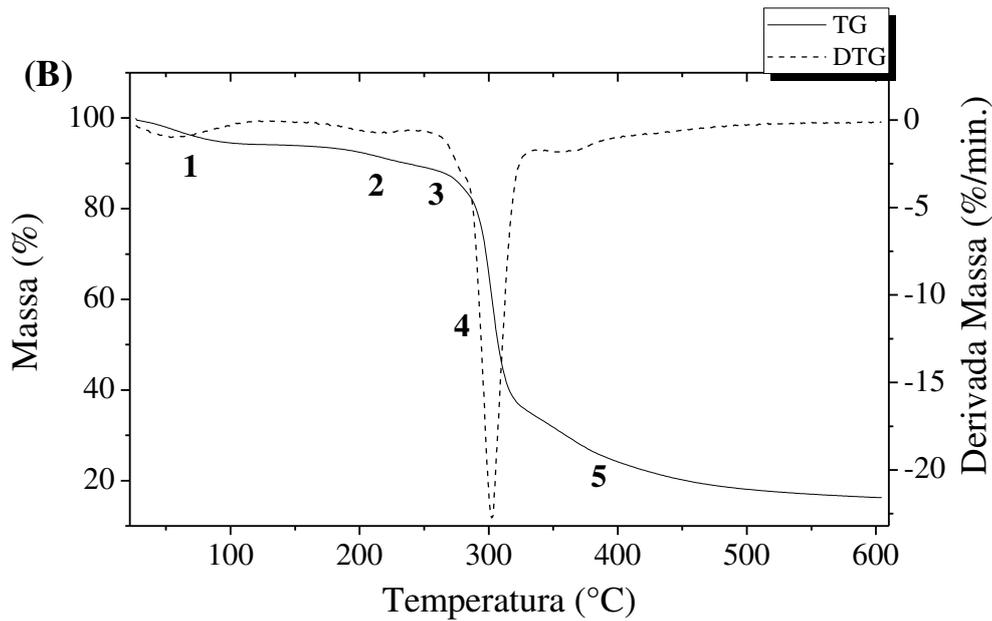
732 A estabilidade térmica dos amidos nativo e fermentado de alpiste foi analisada pela perda
733 de massa durante o aquecimento controlado (Fig. 7). De acordo com os termogramas (TG),
734 cinco estágios de perda de massa foram observados durante a decomposição térmica do amido

735 fermentado (Fig. 7B), enquanto que o amido nativo apresentou apenas três perdas de massa
 736 (Fig. 7A).

737



738



739

740

741

Fig. 7. Termogramas (TG) de decomposição térmica e seus derivados (DTG) do amido nativo (A) e fermentado (B).

742

743

744

745

Segundo Franklin et al. (2017), na faixa de temperatura de 20 a 200 °C, geralmente, ocorre a evaporação da água livre e de estruturação do amido, o que corresponde à perda de umidade inicial. A primeira perda de massa, que oferece informações úteis para aplicações

746 práticas, foi de 7,26% (22,91 – 143 °C) para o amido nativo e 5,82% (26,52 – 128 °C) para o
747 amido fermentado, aproximadamente o teor de umidade inicial de cada amostra.

748 Na temperatura de 143 – 210 °C o amido nativo manteve uma perda de massa
749 praticamente nula, o que não foi observado para o amido fermentado. Nas temperaturas de
750 149 – 245 e 245 – 282 °C (Fig. 7B) foram detectadas perdas de massa de 4,48 e 5,46%,
751 respectivamente, que corresponde aos componentes orgânicos (produtos da fermentação)
752 detectados pelo analisador termogravimétrico (Alonso-Gomez et al., 2016).

753 A segunda perda de massa do amido nativo (47%) ocorreu entre 210 - 323 °C, enquanto
754 que o quarto estágio de perda de massa do amido fermentado (49,9%) foi na temperatura de
755 289 – 337 °C. A segunda e a quarta perda de massa estão relacionadas à despolimerização da
756 macromolécula de amido (Alonso-Gomez et al., 2016) e no caso do amido fermentado, a
757 perda de massa foi mais pronunciada em uma menor faixa de temperatura que o amido nativo,
758 provavelmente causada pelo processo fermentativo, que provoca a despolimerização parcial
759 dos grânulos de amido (Putri, Marseno, & Cahyanto, 2012).

760 A última perda de massa dos amidos nativo e fermentado ocorreram entre 323 - 477 e
761 337 - 511 °C, respectivamente, e está relacionada à carbonização e formação de cinzas
762 (Nogueira; Fakhouri; & Oliveira, 2018), levando a degradação completa em torno de 500 °C.
763 No geral, o comportamento não foi semelhante para ambas às curvas, indicando um
764 mecanismo de degradação diferente com a temperatura para os amidos nativo e fermentado,
765 consequência do processo fermentativo.

766

767

768 **3.11. Propriedade de expansão do amido fermentado**

769

770 Em relação à capacidade de fábrica de biscoitos de amido fermentado de alpiste, não
771 houve expansão da massa após o forneamento quando comparada com o controle (polvilho
772 azedo comercial). O índice de expansão está relacionado com a capacidade dos ingredientes
773 em absorver água (Freitas; Valente, & Cruz, 2014), utilizado principalmente como indicador
774 de qualidade e, no presente estudo, o índice de expansão do amido fermentado de alpiste
775 (largura do biscoito após o forneamento/largura do biscoito antes do forneamento) variou
776 entre 0,86 a 0,94, enquanto que o polvilho azedo comercial apresentou uma expansão de 1,75
777 e 2,21.

778 Pereira et al. (1999) ao avaliarem a produção de biscoitos a partir de fécula fermentada de
779 fontes vegetais alternativas, observaram que o amido fermentado de batata inglesa também

780 não apresentou expansão (índice de expansão de 0,88), provavelmente pela resistência
781 mecânica muito grande quando inchados, mantendo intumescidos por mais tempo durante o
782 aquecimento da suspensão.

783 A capacidade de expansão durante o forneamento da farinha de milho fermentada
784 também não foi observada por Mestres, Boungou, Akissoe & Zakhia (2000), o qual afirmam
785 que a ausência de expansão está associada a baixa solubilidade e poder de inchamento, o que
786 foi observado no presente estudo.

787 Aquino, Gervin, & Amante (2016) avaliaram as condições do processo produtivo de
788 polvilho azedo em polvilharias de Santa Catarina e observaram que o índice de expansão das
789 amostras variou entre 1,81 e 2,54. Enquanto que Ascheri & Vilela (1995) observaram índices
790 de expansão dos biscoitos variando entre 2,24 e 3,49 quando fermentado em tanque
791 experimental, entre 1,84 e 3,34 em béquer e entre 1,80 e 3,69 em tanque industrial.

792 A expansão é consequência das mudanças estruturais do amido que ocorre durante a
793 fermentação e secagem sob o sol (Díaz, Dini, Vina, & García, 2018). Com base nisso, a baixa
794 expansão obtida no presente estudo indica que as alterações nos grânulos do amido de alpiste
795 durante a fermentação não foi suficiente para promover expansão da massa fermentada.

796 Segundo Marcon et al. (2009) quanto menor a viscosidade, provocada pela
797 despolimerização do amido, menor é a força de resistência à expansão. Como observado no
798 perfil de viscosidade, o amido fermentado de alpiste apresentou um perfil de viscosidade
799 menor, com viscosidade máxima de 1149,4 cp. Ao comparar com o polvilho azedo de
800 mandioca estudado por Aquino, Gervin, & Amante (2016), observa-se que a viscosidade
801 máxima (3333,6 cp) alcançou um valor superior a 50% do resultado obtido no presente
802 estudo.

803 Alvarado et al., (2013) encontraram uma correlação entre o teor de amilose de amidos de
804 diferentes variedades de mandioca e suas propriedades de expansão, afirmando que com
805 menores teores de amilose, os produtos assados em todas as amostras analisadas (amido
806 nativo e fermentado e secas ao sol) apresentavam maiores expansão, provavelmente pela
807 baixa formação de complexos amilose-lipídeo. Nesse sentido, o amido de alpiste possui maior
808 teor de amilose (29,76%) do que a mandioca (20-22%) (Díaz, Dini, Vina, & García, 2018), o
809 que pode também estar relacionado ao seu baixo desempenho para expansão durante o
810 cozimento.

811

812

813

814 **4. CONCLUSÃO**

815

816 Conforme os resultados obtidos, conclui-se que a umidade, pH, acidez titulável e a
817 análise microbiológica do amido fermentado apresentaram-se dentro dos padrões
818 estabelecidos pela legislação vigente (ANVISA – RDC N°12). Ambas as amostras (amido
819 nativo e fermentado) apresentaram baixo índice de solubilidade de água e poder de
820 inchamento, altos teores de amilose e padrão do tipo A cristalino, sendo que o amido nativo
821 apresentou um grau de cristalinidade maior.

822 O processo de fermentação alterou significativamente o perfil de viscosidade do amido
823 fermentado (menor quebra de viscosidade e menor tendência à retrogradação), enquanto que o
824 mecanismo de degradação térmica não foi semelhante para os amidos nativo e fermentado.
825 Em relação à capacidade de expansão, os biscoitos produzidos com o amido fermentado de
826 alpiste não se expandiram satisfatoriamente. Tanto o amido nativo quanto o amido
827 fermentado apresentaram características favoráveis para obtenção de biopolímeros, por conter
828 altos teores de amilose, o que contribui para resistência do filme, redução da solubilidade em
829 água e da temperatura de retrogradação.

830

831

832 **AGRADECIMENTOS**

833

834 À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio
835 financeiro. À Universidade Federal de Goiás pelo espaço e estrutura para a realização dos
836 experimentos e à Universidade Estadual de Goiás e à Empresa Embrapa Arroz e Feijão® por
837 contribuir com as análises deste estudo.

838

839

840

841

842

843

844

845

846

REFERÊNCIAS

847

848

849 AACC Method 61-02 Determination of Pasting Properties of Rice with the Rapid Visco
850 Analyser (2000). **AACC International Approved Methods**, ed. 10, v. 2, p. 1-4.

851

852

853 ABDEL-AAL, E. M.; HUCL, P.; MILLER, S. S.; PATTERSON, C. A.; GRAY, D. (2011).
854 Microstructure and nutrient composition of hairless canary seed and its potential as a blending
855 flour for food use. **Food Chemistry**, v. 125, p 410–416.

856

857

858 ABDEL-AAL, E. M.; HUCL, P.; PATTERSON, C. A.; GRAY, D. (2010). Fractionation of
859 hairless canary seed (*phalaris canariensis*) into starch, protein, and oil. **Journal of**
860 **Agricultural and Food Chemistry**, v. 58, p. 7046–7050.

861

862

863 ABDEL-AAL, E. S. M.; HUCL, P. J.; SOSULSKI, F. W. (1997a). Structural and
864 Compositional Characteristics of Canaryseed (*Phalaris canariensis* L.). **Journal of**
865 **Agricultural and Food Chemistry**, v.45, p. 3049–3055.

866

867

868 ABDEL-AAL, E. M.; HUCL, P.; F.W. SOSULSKI, F. W. (1997b). Characteristics of
869 Canaryseed (*Phalaris canariensis* L.) **Starch/Stärke**, v. 49, n. 12, p. 475-480.

870

871

872 ALVARADO, P. M.; GROSMARE, L.; DOMINIQUE DUFOUR, D.; TORO, A. G.;
873 SÁNCHEZ, T.; CALLE, F.; SANTANDER, M. A. M.; CEBALLOS, H.; DELARBRE, J. L.;
874 TRAN, T. (2013). Combined effect of fermentation, sun-drying and genotype on bread
875 making ability of sour cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 98, p.1137-1146.

876

877

878 ALONSO-GOMEZ, L.; LOPEZ, A. M.; ROMERO-GARZON, A. M.; PINEDA-GOMEZ, P.;
879 REAL-LOPEZ, A.; RODRIGUEZ-GARCIA, M. E. (2016). Physicochemical transformation
880 of cassava starch during fermentation for production of sour starch in Colombia.
881 **Starch/Stärke**, v. 68, p.1–9.

882

883

884 AQUINO, A. C. M. S.; GERVIN, V. M.; AMANTE, E. R. (2016). Avaliação do processo
885 produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina. **Braz. J. Food Technol**, v. 19.

886

887

888 AMPE, F.; SIRVENT, A.; ZAKHIA, N. (2001). Dynamics of the microbial community
889 responsible for traditional sour cassava starch fermentation studied by denaturing gradient gel

- 890 electrophoresis and quantitative rRNA hybridization. **International Journal of Food**
891 **Microbiology**, v. 65, p.45–54.
892
- 893
- 894 ANDERSON R. A.; CONWAY H. F.; PEPLINSKI, A. J. (1970). Gelatinization of Corn Grits
895 by Roll Cooking, Extrusion Cooking and Steaming. **Starch**, v. 22, n. 4.
896
- 897
- 898 ASCHERI, D. P. R.; MORAIS; C. C.; ASQUIERI, E. R.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI,
899 J. L. R. (2014). Characterization of starch extracted from the roots of *Cissus simsiana* Roem.
900 & Schult. **Ciências Agrárias**, v. 35, n. 2, p. 787-800.
901
- 902
- 903 ASCHERI, D. P. R.; VILELA, E. R. (1995). Alterações do polvilho azedo de mandioca pela
904 fermentação, no fabrico de biscoitos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n.2, p. 260-
905 279.
906
- 907
- 908 ASQUIERI, E. R. (1990). **Efeito da fermentação nas características da fécula de**
909 **mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) de três cultivares colhidas em diferentes épocas.**
910 Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de
911 Agricultura de Lavras, Lavras, Minas Gerais.
912
- 913
- 914 AOAC. (2005). **Association of Official Analytical Chemists**. Official Methods of Analysis
915 of the Association of Official Analytical Chemistry.
916
- 917
- 918 AZEVÊDO, L. C.; SÁ, A. S. C.; ROVANI, S.; FUNGARO, D. A. Propriedades do amido e
919 suas aplicações em biopolímeros. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, Edição
920 Especial, p.351-358, 2018.
921
- 922
- 923 BLIGH, E.G.; DYER, W.J. (1959). A rapid method for total lipid extraction and purification.
924 **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, 37:911-917.
925
- 926
- 927 BRASIL. (1993). Norma de identidade, qualidade, embalagem, marcação e apresentação do
928 alpiste. **Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento**. Portaria nº 65, de 16 de
929 fevereiro de 1993.
930
- 931

- 932 BRASIL. (2005). Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução n.
933 263, de 22 de setembro 2005. Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos,
934 farinhas e farelos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p. 368-
935 369.
936
937
- 938 BRASIL. (2001). Resolução ANVISA - RDC Nº 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento
939 técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília,
940 p. 1-40.
941
942
- 943 BUSCHLE-DILLER, G.; ZERONIAN, S. H. (1992). Enhancing the reactivity and strength of
944 cotton fibers. **Journal of Applied Polymer Science**, v.45, n.6, p.967-979.
945
946
- 947 CARVALHO, E. P.; CANHOS, V. P.; RIBEIRO, V. E.; CARVALHO, H. P. (1996).
948 Polvilho azedo: aspectos físicos, químicos e microbiológicos. **Pesquisa Agropecuária**
949 **Brasileira**, v. 31, n.2, p. 129-137.
950
951
- 952 CDCS - CANARYSEED DEVELOPMENT COMMISSION OF SASKATCHEWAN.
953 **Nutrition & Sensory Profile**. 2018. Disponível em: < [https://www.canaryseed.ca/nutritional-](https://www.canaryseed.ca/nutritional-factsheets.html)
954 [factsheets.html](https://www.canaryseed.ca/nutritional-factsheets.html)> . Acesso em: 23 de outubro de 2018.
955
956
- 957 CECCHI, H. M. (1999). **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**.
958 Campinas, SP: Editora da Unicamp.
959
960
- 961 CEREDA, M. P.; DAIUTO, E. R.; VILPOUX, O. (2004). Metodologia de Determinação de
962 Amido por Digestão Ácida em Microondas. **Revista ABAM**, 29 p.
963
964
- 965 COGLIATTI, M.; BODEGA, J.; DALFONSO, C. (2014). **El cultivo de alpiste**. Tandil :
966 Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, 1 ed., p.158.
967
968
- 969 COGLIATTI, M. (2012). Canaryseed Crop. Artículo de Revisión. **Scientia Agropecuaria**, v.
970 1, p.75 – 88.
971
972
- 973 DÍAZ, A.; DINI, C.; VIÑA, S. Z.; GARCÍA, M. A. (2018). Technological properties of sour
974 cassava starches: Effect of fermentation and drying processes. **LWT - Food Science and**
975 **Technology**, v.93, p.116–123, 2018.

- 976 DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. (1956).
977 Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances. **Analytical**
978 **Chemistry**, v. 28, n. 3, p. 350-356.
979
980
- 981 FIORDA, F. A.; PEREIRA, G. V. M.; THOMAZ-SOCCOL, V.; RAKSHIT, S. K.;
982 PAGNONCELLI, M. G. B.; VANDENBERGHE, L. P. S.; SOCCOL, C. (2017).
983 R.Microbiological, biochemical, and functional aspects of sugary kefir fermentation-A
984 review. **Food Microbiology**, v. 66, p. 86-95.
985
986
987
- 988 FONTES, S. M.; CAVALCANTI, M. T.; CANDEIA, R. L. A.; ALMEIDA, E. L. (2016).
989 Characterization and study of functional properties of banana starch green variety of Mysore
990 (Musa AAB - Mysore). **Food Science and Technology**.
991
992
- 993 FRANKLIN, M. E. E.; PUSHPADASS, H. A.; KUMAR, B.; KULKARNI, S.;
994 MUTHURAYAPPA, M.; KANDASAMY, R.; VENKATACHALAMC, P.; VELLINGIRID,
995 P. (2017). Physicochemical, thermal, pasting and microstructural characterization of
996 commercial *Curcuma angustifolia* starch. **Food Hydrocolloids**, v. 67, p. 27–36.
997
998
- 999 FREITAS, C. J.; VALENTE, D. R.; CRUZ, S. P. (2014). Caracterização física, química e
1000 sensorial de biscoitos confeccionados com farinha de semente de abóbora (FSA) e farinha de
1001 semente de baru (FSB) para celíacos. **Demetra: Alimentação, Nutrição e Saúde**, v. 9, n.4, p.
1002 1003-1018.
1003
1004
- 1005 GALLIARD, T., AND BOWLER, P. (1987). Morphology and composition of starch. **Critical**
1006 **Reports on Applied Chemistry**, v. 4, p.55-78.
1007
1008
- 1009 GARCIA, M.; FRANCO, C. M. L.; MANOEL SOARES SOARES JÚNIOR, M. S. S.;
1010 MÁRCIO CALIARI. (2015). Structural characteristics and gelatinization properties of sour
1011 cassava starch. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, p.1-8.
1012
1013
- 1014 GRANATO, D.; NUNES, D. S. (2016). **Análises Químicas, Propriedades Funcionais e**
1015 **Controle da Qualidade de alimentos e bebidas: uma abordagem teórico-prática**. 1 ed.
1016 Rio de Janeiro: Elsevier.
1017
1018
- 1019 HEDAYATI, S.; NIAKOUSARI, M. (2018). Microstructure, pasting and textural properties
1020 of wheat starch-corn starch citrate composites. **Food Hydrocolloids**, v. 81, p.1-5.
1021
1022

- 1023 HEYDARI, A.; RAZAVI, S. M. A.; IRANI, M. (2018). Effect of temperature and selected
1024 sugars on dilute solution properties of two hairless canary seed starches compared with wheat
1025 starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 108, p. 1207–1218.
1026
1027
- 1028 IRANI, M.; ABDEL-AAL, E. M.; RAZAVI, S. M. A.; HUCL, P.; PATTERSON, C. A.
1029 (2017). Thermal and Functional Properties of Hairless Canary Seed (*Phalaris canariensis* L.)
1030 Starch in Comparison with Wheat Starch. **Cereal Chemistry**, v. 94, n. 2, p. 341–348.
1031
1032
- 1033 JULIANO, B. (1979). Amylose analysis- A review. In: Proc. Workshop on chemical aspects
1034 of rice grain quality. **IRRI**, p. 251-260.
1035
1036
- 1037 LADEIRA, T. M. S.; PENA, R. S. (2011). Propriedades físico-químicas e tecnológicas dos
1038 polvilhos azedos de três cultivares de mandioca. **Alimentos e Nutrição**, v. 22, n. 4, p. 631-
1039 640.
1040
1041
- 1042 LAWAL, O. S.; ADEBOWALE, K. O. (2005). Physicochemical characteristics and thermal
1043 properties of chemically modified jack bean (*CANOVAlia ensiformis*) starch. **Carbohydrate**
1044 **Polymers**, v. 60, p. 331–341.
1045
1046
- 1047 LIU, Y.; NG, P. K. W. (2015). Isolation and characterization of wheat bran starch and
1048 endosperm starch of selected soft wheats grown in Michigan and comparison of their
1049 physicochemical properties. **Food Chemistry**, v.176, p. 137–144.
1050
1051
- 1052 MAEDA, K. C.; CEREDA, M. P. (2001). Avaliação de duas metodologias de expansão ao
1053 forno do polvilho azedo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 21, n. 2, p. 139-143.
1054
1055
- 1056 MARCON, M. J. A.; KURTZ, D. J.; RAGUZZONI, J. C.; DELGADILLO, I.; MARCELO
1057 MARASCHIN, M.; SOLDID, V.; REGINATTO, V.; AMANTE, E. R. (2009). Expansion
1058 Properties of Sour Cassava Starch (Polvilho Azedo): Variables Related to its Practical
1059 Application in Bakery. **Starch/Stärke**, v.61, p.716–726.
1060
1061
1062
- 1063 MARCON, M. J. A.; VIEIRA, G. C. N. V.; DE SIMAS, K. N.; SANTOS, K.; MANOELA
1064 ALANO VIEIRA, M. A.; AMBONI, R. D. M. C.; AMANTE, E. R. (2007). Effect of the
1065 Improved Fermentation on Physicochemical Properties and Sensorial Acceptability of Sour
1066 Cassava Starch. **Brazilian archives of biology and technology**, v.50, n. 6 : p.1073-1081.
1067
1068

- 1069 MARCON, M. J. A.; VIEIRA, M. A.; SANTOS, K.; DE SIMAS, K. N.; DIAS DE MELLO
1070 CASTANHO AMBONI,R.; AMANTE, E. R. (2006). THE EFFECT OF FERMENTATION
1071 ON CASSAVA STARCH MICROSTRUCTURE. **Journal of Food Process Engineering**, v.
1072 29, p. 362–372.
1073
1074
- 1075 MESTRES, C.; BOUNGOU, O.; AKISSOE, N.; ZAKHIA, N. (2000). Comparison of the
1076 expansion ability of fermented maize flour and cassava starch during baking. **Journal of the**
1077 **Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 665-672.
1078
1079
- 1080
1081 MIGUEL, M.G.C.P.; SANTOS, M.R.R.M.; DUARTE, W.F.; ALMEIDA, E.G.A.;
1082 SCHWAN, R.F. (2012). Physico-chemical and microbiological characterization of corn and
1083 rice ‘calug’ produced by Brazilian Amerindian people. **Food Research International**,v.49,
1084 p.524–532.
1085
1086
1087
- 1088 MOO-HUCHIN, V. M; CABRERA-SIERRA, M.J.; ESTRADA-LEON, R. J.; RÍOS-
1089 SOBERANIS, C. R.; BETANCUR-ANCONA, D.; CHEL-GUERRERO, L.; ORTIZ-
1090 FERNANDEZ, A.; ESTRADA-MOTA, I. A.; PEREZ-PACHECO, E. (2015). Determination
1091 of some physicochemical and rheological characteristics of starch obtained from *Brosimum*
1092 *alicastrum swartz* seeds. **Food Hydrocolloids**, v. 45, p.48-54.
1093
1094
- 1095 NIGAM, P. S.; SINGH, A. (2014). Production of Oils and Fatty Acids. In BATT, C. A.;
1096 TORTORELLO, M. L. **Encyclopedia of food microbiology**. 2 ed. v. 2. London: Elsevier, p.
1097 769.
1098
1099
- 1100 NOGUEIRA, G. F.; FAKHOURI, F. M.; OLIVEIRA, R. A. (2018). Extraction and
1101 characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch and its application in edible
1102 films. **Carbohydrate Polymers**, v. 186, p. 64–72.
1103
1104
- 1105 NUNES, O. L. G. S.; CEREDA, M. P. (1994). **Metodologia para avaliação da qualidade**
1106 **de fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE
1107 MANDIOCA, 1994, Salvador. Anais... Salvador: SBM, p. 37.
1108
1109
- 1110 OLIVEIRA, M. C. M. (2015). **Caracterização do extrato aquoso de alpiste (*phalaris***
1111 **canariensis l.) e avaliação dos efeitos antioxidantes e hipoglicemiantes**. 284 f. Dissertação
1112 (Mestrado em Ciência de alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade
1113 Estadual de Campinas, Campinas, 2015.
1114
1115
1116

- 1117 ONITILO, M. O. (2007). Physicochemical and Functional Properties of Sour Starches from
1118 Different Cassava Varieties. **International Journal of Food Properties**, v.10, p. 607–620.
1119
1120
1121
- 1122 PEPE, L. S.; MORAES, J.; KIVIA M ALBANO, K. M.; TELIS, V. RN.; FRANCO, C. ML.
1123 (2015). Effect of heat-moisture treatment on the structural, physicochemical, and rheological
1124 characteristics of arrowroot starch. **Food Science and Technology International**, p. 1-10.
1125
1126
1127
- 1128 PENIDO, F. C. L.; PILÓ, F. B.; SANDES, S. H. C.; NUNES, A. C.; COLEN, G.;
1129 OLIVEIRA, E. S.; ROSA, C. A.; ALVES LACERDA, I. C. A. (2018). Selection of starter
1130 cultures for the production of sour cassava starch in a pilot-scale fermentation process.
1131 **Brazilian journal of microbiology**, v.4 9, p. 823–831.
1132
1133
- 1134 PEREIRA, J.; CIACCO, C. F.; VILELA, E. R.; A.; TEIXEIRA, L. S. (1999). Féculas
1135 fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Ciência e Tecnologia
1136 de Alimentos**, v.19, n.2.
1137
1138
- 1139 PÉREZ-PACHECO, E.; MOO-HUCHIN, V. M.; ESTRADA-LEÓN, R. J.; ORTIZ
1140 FERNÁNDEZ, A.; MAY-HERNÁNDEZ, L. H.; RÍOS-SOBERANIS, C. R.; BETANCUR-
1141 ANCONA, D. (2014). Isolation and characterization of starch obtained from *Brosimum*
1142 *alicastrum* Swartz Seeds. **Carbohydrate Polymers**, v.101, p. 920–927,
1143
1144
- 1145 PUTRI, W.D.R.; MARSEN, H.D.W.; CAHYANTO, M.N.C. (2012). Role of lactic acid
1146 bacteria on structural and physicochemical properties of sour cassava starch. **APCBEE
1147 Procedia**, v. 2, p. 104-109.
1148
1149
- 1150 RANDAZZO, W.; CORONA, O.; GUARCELLO, R.; FRANCESCA, N.; GERMANA, M.
1151 A.; ERTEN, H.; MOSCHETTI, G.; SETTANNI, L. (2016). Development of new non-dairy
1152 beverages from Mediterranean fruit juices fermented with water kefir microorganisms. *Food
1153 Microbiology*, v. 54, p. 40-51.
1154
1155
- 1156 REBOUÇOS, K. H. (2015). **Estudos das características microbiológicas e físico-químicas
1157 durante a fermentação da mandioca (*manihot esculenta crantz*) visando às aplicações
1158 tecnológicas**. Tese (Pós-Graduação em Ciência de Alimentos). Universidade Federal do Rio
1159 de Janeiro, Rio de Janeiro.
1160
1161
- 1162 RINCÓN-LONDONO, N.; VEGA-ROJAS, L.; CONTRERAS-PADILLA, M.; ACOSTA-
1163 OSORIO, A.; RODRÍGUEZ-GARCÍA, M. E. (2016). Analysis of the pasting profile in corn
1164 starch: Structural, morphological, and thermal transformations, Part I. **International Journal
1165 of Biological Macromolecules**, v. 91, p. 106–114.

- 1166 ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. (2008). Características estruturais e
1167 físico-químicas de amidos de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e**
1168 **Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 28, n.3, p. 620-628.
1169
1170
- 1171 SILVA, G. A. S.; CAVALCANTI, M. T. C.; ALMEIDA, M. C. B. M.; ARAÚJO, A. D.;
1172 GERLA C. B. CHINELATE, G. C. B.; FLORENTINO, E. R. (2013). Utilização do amido da
1173 amêndoa da manga Tommy Atkins como espessante em bebida láctea. **Revista Brasileira de**
1174 **Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.12, p.1326–1332.
1175
1176
1177
- 1178 SILVA, F. C. (2009). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**.
1179 Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2 Ed, 627 p., 2009.
1180
1181
- 1182 SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F.A.; TANIWAKI, M. H.; SANTOS, R.
1183 F. S.; GOMES, R. A. R. (2007). Contagem total de aeróbios mesófilos e psicrotrófico em
1184 placas. In: **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3 ed., São Paulo:
1185 Livraria Varela, capítulo 6, 87p.
1186
1187
- 1188 WALKER, G. M . Media for Industrial Fermentations. In BATT, C. A.; TORTORELLO, M.
1189 L. (2014). **Encyclopedia of food microbiology**. 2 ed. v. 2. London: Elsevier, p. 769.
1190
1191
1192
- 1193 ZABOT, G.L., SILVA, E.K., EMERICK, L.B., FELISBERTO, MÁ.HERMINIA.F.,
1194 CLERICI, M.T.P.S., MEIRELES, M.A.A.(2019). Physicochemical, morphological, thermal
1195 and pasting properties of a novel native starch obtained from annatto seeds. **Food**
1196 **Hydrocolloids**, v.89, p.321-329, 2019.
1197
1198
1199
- 1200 ZHU, F. (2017). Review: Structures, properties, modifications, and uses of oat starch. **Food**
1201 **Chemistry**, v. 229, p. 329–340, 2017.
1202
1203
1204
1205
1206
1207

ANEXO A – Normas de publicação Carbohydrate Polymers



CARBOHYDRATE POLYMERS

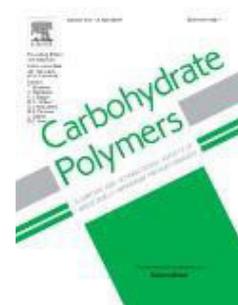
A Journal Devoted to Scientific and Technological Aspects of Industrially Relevant Polysaccharides

AUTHOR

INFORMATION PACK

TABLE OF CONTENTS XXX

- **Description** p.1
- **Audience** p.2
- **Impact Factor** p.2
- **Abstracting and Indexing** p.2
- **Editorial Board** p.2 • **Guide for Authors** p.4



ISSN: 0144-8617

DESCRIPTION

Note: The Aims and Scope of Carbohydrate Polymers must be complied with in order for submissions to be considered for review and possible publication. The Aims and Scope have been modified as of 24 July 2018.

Carbohydrate Polymers is a major journal within the field of glycoscience, and covers the study and exploitation of polysaccharides which have current or potential application in areas such as bioenergy, bioplastics, biomaterials, biorefining, chemistry, drug delivery, food, health, nanotechnology, packaging, paper, pharmaceuticals, medicine, oil recovery, textiles, tissue engineering and wood, and other aspects of glycoscience.

The role of the well-characterized carbohydrate polymer must be the major proportion of the work reported, not a peripheral topic. At least one named carbohydrate polymer must be cited and be the main focus of the paper and its title. Research must be innovative and advance scientific knowledge.

Characterization - For all polysaccharides, including those obtained from a supplier, essential structural information which will affect their behavior in the subsequent work should be given, along with a description of how that information was ascertained. Examples of such essential information include molecular weight, mannuronate/guluronate ratio for alginates, degree of esterification for pectin, degree of deacetylation for chitosan. Editors are unlikely to send papers for formal review with a statement such as "sodium alginate was purchased from XXX Inc." unless additional information is supplied. For papers involving synthesis, polysaccharide derivatives must also be wellcharacterized. For papers describing identity or application of newly-discovered polysaccharides, purity and monosaccharide composition are essential; some molecular size and linkage information is highly desirable.

Hypotheses - Nearly all scientific papers benefit from inclusion of a statement of hypothesis. Such statements should be concise, declarative, and should describe the one or more key hypotheses that the studies upon which the manuscript is based were intended to confirm or refute. Inclusion of a hypothesis statement makes it simple to contrast the hypothesis with the most relevant previous literature and point out what the authors feel is distinct about the current hypothesis (novelty). It also permits the authors to describe why they feel it would be important to prove the hypothesis correct (significance).

Topics of interest to the journal:

- structure-property relationships
- analytical methods
- chemical, enzymatic and physical modifications
- biosynthesis
- natural functions
- interactions with other materials

Topics not of interest to the journal:

- biological, physiological and pharmacological aspects of non-carbohydrate molecules attached to, or mixed with, carbohydrate polymers, unless the polysaccharide has a relevant and specific role;
- materials science of biocomposites where there is no mention of any specific carbohydrate polymer, or the role of the carbohydrate polymer is not the major proportion of the study;
- polyalkanoates, polylactic acid, or lignin.

- routine studies of extraction yields without characterisation of the extracted polysaccharide under the different conditions.
- routine studies of complexation of a drug with a single cyclodextrin.
- studies of newly discovered natural polysaccharides or new polysaccharide derivatives where the structure of the polysaccharide (derivative) is unknown.
- production and isolation of enzymes which act on polysaccharides (studies on the mode of action of an enzyme on a polysaccharide are within the journal scope)
- carbohydrate oligomers where the degree of polymerization is less than four
- treatments of cotton fabrics and cellulose-based paper where the research is largely not about the component cellulose itself;
- use of carbohydrate polymers as a support material (e.g. in enzyme immobilization, chromatography, etc.) where there is no specific involvement of the chemistry of the carbohydrate polymer.

AUDIENCE

University and industrial research institutes; users and manufacturers of carbohydrate polymers.

IMPACT FACTOR

2017: 5.158 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2018

ABSTRACTING AND INDEXING

BIOSIS

Polymer Contents

Science Citation Index

SciSearch

EMBiology

Chemical Abstracts

Current Contents/Agriculture, Biology & Environmental Sciences

Engineering Index

FSTA (Food Science and Technology Abstracts)

Theoretical Chemical Engineering Abstracts

Chemical Engineering Biotechnology Abstracts Scopus

EDITORIAL BOARD

GUIDE FOR AUTHORS

INTRODUCTION

Aims and scope- The Aims and Scope of Carbohydrate Polymers must be complied with in order for submissions to be considered for review and possible publication. The Aims and Scope have been modified as of 24 July 2018.

Carbohydrate Polymers is a major journal within the field of glycoscience, and covers the study and exploitation of polysaccharides which have current or potential application in areas such as bioenergy, bioplastics, biomaterials, biorefining, chemistry, drug delivery, food, health, nanotechnology, packaging, paper, pharmaceuticals, medicine, oil recovery, textiles, tissue engineering and wood, and other aspects of glycoscience.

The role of the well-characterized carbohydrate polymer must be the major proportion of the work reported, not a peripheral . At least one named carbohydrate polymer must be cited and be the main focus of the paper and its title. Research must be innovative and advance scientific knowledge.

Characterization For all polysaccharides, including those obtained from a supplier, essential structural information which will affect their behavior in the subsequent work should be given, along with a description of how that information was ascertained. Examples of such essential information include molecular weight, mannuronate/guluronate ratio for alginates, degree of esterification for pectin, degree of deacetylation for chitosan. Editors are unlikely to send papers for formal review with a statement such as "sodium alginate was purchased from XXX Inc." unless additional information is supplied. For papers involving synthesis, polysaccharide derivatives must also be wellcharacterized. For papers describing identity or application of newly-discovered polysaccharides, purity and monosaccharide composition are essential; some molecular size and linkage information is highly desirable.

Hypothesis Nearly all scientific papers benefit from inclusion of a statement of hypothesis. Such statements should be clear, concise, and declarative. The statement should describe the one or more key hypotheses that the work described in the manuscript was intended to confirm or refute. Inclusion of a hypothesis statement makes it simple to contrast the hypothesis with the most relevant previous literature and point out what the authors feel is

distinct about the current hypothesis (novelty). It also permits the authors to describe why they feel it would be important to prove the hypothesis correct (significance).

Topics of interest to the journal: structure-property relationships analytical methods chemical, enzymatic and physical modifications biosynthesis natural functions interactions with other materials Glycogen.

Topics not of interest to the journal: biological, physiological and pharmacological aspects of non-carbohydrate; molecules attached to, or mixed with, carbohydrate polymers, unless the polysaccharide has a relevant and specific role; materials science of biocomposites where there is no mention of any specific carbohydrate polymer, or the role of the carbohydrate polymer is not the major proportion of the study; polyalkanoates, polylactic acid, or lignin; routine studies of extraction yields without characterisation of the extracted polysaccharide under the different conditions; routine studies of complexation of a drug with a single cyclodextrin; studies of newly discovered natural polysaccharides or new polysaccharide derivatives where the structure of the polysaccharide (derivative) is unknown; production and isolation of enzymes which act on polysaccharides (studies on the mode of action of an enzyme on a polysaccharide are within the journal scope); carbohydrate oligomers where the degree of polymerization is less than four; treatments of cotton fabrics and cellulose-based paper where the research is largely not about the component cellulose itself; use of carbohydrate polymers as a support material (e.g. in enzyme immobilization, chromatography, etc.) where there is no specific involvement of the chemistry of the carbohydrate polymer.

Types of paper

Original full-length research papers should contain material that has not been previously published elsewhere, except in a preliminary form. These papers should not exceed 6000 words of text (including references) and generally not more than 10 figures/tables. The same information should not be repeated in a figure and a table.

Review papers will be accepted in areas of topical interest and will normally emphasise literature published over the previous five years. They should not exceed 12,000 words (not

including references) and should contain no more than 8 figures and 6 Tables. The same information should not be repeated in a figure and a table.

This journal (as do all high impact journals) places a very high bar on acceptance of reviews. This must be the case since a review is not the authors own work but is a representation from the author(s) of recent "high quality" work in an important field and is intended to provide an all-encompassing and in-depth presentation from the author(s) of the recent impactful developments, the opportunities, the failures, the challenges, the interfaces with other disciplines (and how these interfaces affect the science) in the field. Also, review manuscripts should be of the highest quality on initial submission and should not need considerable reworking or language improvements.

Contact details for submission

Contributors must submit their articles electronically via the Elsevier Editorial System <http://ees.elsevier.com/carbpol>. This is the only method of submission, and facilitates processing of your article.

Review process

A peer review system is used to ensure high quality of papers accepted for publication. The Editors will reject papers without formal review when it is deemed that the paper is on a topic outside the scope of the Journal, lacking technical merit or lacking appropriate characterization, missing a hypothesis containing data which are non-reproducible (another scientist from a third-party laboratory must be able to reproduce your work) of narrow regional scope and significance, lacking novelty, or does not advance scientific knowledge poorly written.

Previous publication of a paper on a particular topic does not guarantee publication of subsequent papers in that area, as the Aims and Scope of the journal are regularly updated. Please see the Current Aims and Scope before you submit.

Revisions

Any revised papers returned later than three months after being sent to authors with the reviewers' comments will be treated as a new submission. When submitting a revised paper authors must list all of the reviewer's comments and indicate how they have responded to the comment, and where in the paper they have made appropriate revisions. All modifications in the paper must be shown in red.

Resubmitted Manuscripts

It is the author's choice whether or not to resubmit a rejected manuscript to the journal. The expectation of the journal and its editors is that any resubmission will be the result of significant rewriting and perhaps additional experimentation as required to address all prior reviewer and editor concerns. Authors resubmitting previously rejected manuscripts are required to; 1) identify the manuscript as a resubmitted manuscript in the cover letter to the editor, including identification of the prior title and manuscript number, 2) address all reviewer concerns from the final reviews of the previous, rejected manuscript, and 3) include a "Response to Reviewers" document that includes those reviews from the previous version and your responses to those reviews; clearly identify what are reviewer comments and what are your responses, often the use of color is a convenient way to do so. You will also be requested to indicate this status during the submission process in EES.

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Please see our information pages on [Ethics in publishing](#) and [Ethical guidelines for journal publication](#).

Studies in humans and animals

If the work involves the use of human subjects, the author should ensure that the work described has been carried out in accordance with [The Code of Ethics of the World Medical Association \(Declaration of Helsinki\)](#) for experiments involving humans. The manuscript should be in line with the [Recommendations for the Conduct, Reporting, Editing and Publication of Scholarly Work in Medical Journals](#) and aim for the inclusion of representative human populations (sex, age and ethnicity) as per those recommendations. The terms [sex and gender](#) should be used correctly.

Authors should include a statement in the manuscript that informed consent was obtained for experimentation with human subjects. The privacy rights of human subjects must always be observed.

All animal experiments should comply with the [ARRIVE guidelines](#) and should be carried out in accordance with the U.K. Animals (Scientific Procedures) Act, 1986 and associated guidelines, [EU Directive 2010/63/EU for animal experiments](#), or the National Institutes of Health guide for the care and use of Laboratory animals (NIH Publications No. 8023, revised 1978) and the authors should clearly indicate in the manuscript that such guidelines have been

followed. The sex of animals must be indicated, and where appropriate, the influence (or association) of sex on the results of the study.

- Plagiarism and Ethical Concerns

By submitting this manuscript, the authors agree that text, equations, or figures from previously published articles or books have been clearly identified in full and their origin clearly explained in the adjacent text, with appropriate references given at the end of the paper. Duplication of text is rarely justified, even with diligent referencing. Exceptions may be made for descriptions of standard experimental techniques, or other standard methods used by the author in the investigation; but an appropriate citation is mandatory. Authors who duplicate material from their own published work in a new article, without clearly identifying the repeated material and its source as outlined above, are self-plagiarising.

If an author is found to have plagiarized content from another author or submits a duplicate publication the paper will be rejected without review. These actions may result in sanctions such as retraction of the article (along with the publication of a corrective notice with a direct link to the original article explaining the reason for the retraction) and a possible ban on future publications from the author. In addition, the scientific community at large, including the author's work place, may be notified about the case and the decision reached. Committing plagiarism or submitting a duplicate publication can have a negative impact on an author's scientific career.

Declaration of interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential competing interests include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors must disclose any interests in two places: 1. A summary declaration of interest statement in the title page file (if double-blind) or the manuscript file (if single-blind). If there are no interests to declare then please state this: 'Declarations of interest: none'. This summary statement will be ultimately published if the article is accepted. 2. Detailed disclosures as part of a separate Declaration of Interest form, which forms part of the journal's official records. It is important for potential interests to be declared in both places and that the information matches. [More information.](#)

Preprints

Please note that preprints can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's sharing policy. Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see 'Multiple, redundant or concurrent publication' for more information).

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Articles should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader, should contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of race, sex, culture or any other characteristic, and should use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, for instance by using 'he or she', 'his/her' instead of 'he' or 'his', and by making use of job titles that are free of stereotyping (e.g. 'chairperson' instead of 'chairman' and 'flight attendant' instead of 'stewardess').

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

No additions, deletions or changes to authorship of a paper will be permitted **after** the article is accepted.

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see more information on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. Permission of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has preprinted forms for use by authors in these cases.

For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete an 'Exclusive License Agreement' (more information). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of user license.

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. More information.

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can share your research published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Funding body agreements and policies

Elsevier has established a number of agreements with funding bodies which allow authors to comply with their funder's open access policies. Some funding bodies will reimburse the author for the gold open access publication fee. Details of existing agreements are available online.

Open access

This journal offers authors a choice in publishing their research:

Subscription

- Articles are made available to subscribers as well as developing countries and patient groups throughout universal access programs.
- No open access publication fee payable by authors.
- The Author is entitled to post the accepted manuscript in their institution's repository and make this public after an embargo period (known as green Open Access). The published journal article cannot be shared publicly, for example on ResearchGate or Academia.edu, to ensure the sustainability of peerreviewed research in journal publications. The embargo period for this journal can be found below.

Gold open access

- Articles are freely available to both subscribers and the wider public with permitted reuse.
- A gold open access publication fee is payable by authors or on their behalf, e.g. by their researchfunder or institution.

Regardless of how you choose to publish your article, the journal will apply the same peer review criteria and acceptance standards.

For gold open access articles, permitted third party (re)use is defined by the following Creative Commons user licenses:

Creative Commons Attribution (CC BY)

Lets others distribute and copy the article, create extracts, abstracts, and other revised versions, adaptations or derivative works of or from an article (such as a translation), include in a collective work (such as an anthology), text or data mine the article, even for commercial purposes, as long as they credit the author(s), do not represent the author as endorsing their adaptation of the article, and do not modify the article in such a way as to damage the author's honor or reputation.

Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivs (CC BY-NC-ND)

For non-commercial purposes, lets others distribute and copy the article, and to include in a collective work (such as an anthology), as long as they credit the author(s) and provided they do not alter or modify the article.

The gold open access publication fee for this journal is **USD 3150**, excluding taxes. Learn more about Elsevier's pricing policy: <https://www.elsevier.com/openaccesspricing>.

Green open access

Authors can share their research in a variety of different ways and Elsevier has a number of green open access options available. We recommend authors see our open access page for

further information. Authors can also self-archive their manuscripts immediately and enable public access from their institution's repository after an embargo period. This is the version that has been accepted for publication and which typically includes author-incorporated changes suggested during submission, peer review and in editor-author communications. Embargo period: For subscription articles, an appropriate amount of time is needed for journals to deliver value to subscribing customers before an article becomes freely available to the public. This is the embargo period and it begins from the date the article is formally published online in its final and fully citable form. [Find out more](#).

This journal has an embargo period of 12 months.

Elsevier Researcher Academy

[Researcher Academy](#) is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars, downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the [English Language Editing service](#) available from Elsevier's WebShop.

Submission

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts source files to a single PDF file of the article, which is used in the peer-review process. Please note that even though manuscript source files are converted to PDF files at submission for the review process, source files containing the accepted revisions are needed for further processing after acceptance. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, takes place by e-mail removing the need for a paper trail.

Reviewers

Authors are required to submit with their articles, the names, complete affiliations (spelled out), country and contact details (including current and valid (preferably business) e-mail address) of three potential reviewers. Email addresses and reviewer names will be checked for validity. Your potential reviewers must not be from your institute, and at least two should be

from a different country. Authors must not suggest reviewers with whom they have collaborated within the past two years. Your submission will be rejected if these are not supplied. Names provided may be used for other submissions on the same topic. Reviewers must have specific expertise on the subject of your article and/or the techniques employed in your study. Briefly state the appropriate expertise of each reviewer. Do not select a referee only because they have expertise on polysaccharides, this is not specific enough. For each reviewer you suggest you must include details of two recent relevant research or review papers authored by the potential reviewer which have appeared in good quality scientific journals. Authors cited in your paper can be useful suggested reviewers, provided that they have published in the field over the last few years.

PREPARATION

Peer review

This journal operates a single blind review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. [More information on types of peer review.](#)

Use of word processing software

It is important that the file be saved in the native format of the word processor used. The text should be in single-column format. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. In particular, do not use the word processor's options to justify text or to hyphenate words. However, do use bold face, italics, subscripts, superscripts etc. When preparing tables, if you are using a table grid, use only one grid for each individual table and not a grid for each row. If no grid is used, use tabs, not spaces, to align columns. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). Carbohydrate Polymers requires authors to include tables and figures in the body of the article at the appropriate position, not at the end of the article. See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Pages must be numbered, and lines must be numbered consecutively throughout the manuscript.

Article structure

(The abstract is not included in section numbering; see specific instructions below.).

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results. Focus on a number of key references; do not overlook the earlier, seminal work.

Hypotheses

Nearly all scientific papers benefit from inclusion of a statement of hypothesis. Such statements should be clear, concise, and declarative. The statement should describe the one or more key hypotheses that the work described in the manuscript was intended to confirm or refute. Inclusion of a hypothesis statement makes it simple to contrast the hypothesis with the most relevant previous literature and point out what the authors feel is distinct about the current hypothesis (novelty). It also permits the authors to describe why they feel it would be important to prove the hypothesis correct (significance). The hypothesis shall be stated in the introductory section, and the conclusion section shall include your conclusion about whether the hypothesis was confirmed or refuted, as well as describing any new hypotheses generated by the work described. Here is an example of a famous, excellent hypothesis statement; declarative, concise, clear, and testable:

"Equal volumes of gases, at the same temperature and pressure, contain equal numbers of molecules."

Lorenzo Romano Amedeo Carlo Avogadro di Quareqa e di Carreto (Avogadro), 1811.

Material and methods (or experimental)

Provide sufficient detail to allow the work to be reproduced. Methods already published should be indicated by a reference: only relevant modifications should be described.

Results

A combined Results and Discussion section is often appropriate. Avoid extensive citations and description of published literature. Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section. The Conclusion should not be a summary, but should illustrate the advances and claims of innovative aspects of the research work done.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- ***Title.*** Concise, attractive and informative. The title should not exceed 120 characters excluding spaces and should make clear the focus of the paper and the fact that the focus is within the scope of the journal. Specifically name the carbohydrate polymer or group of carbohydrate polymers that is the main focus of the research. Because titles are used in information-retrieval systems, avoid abbreviations and formulae, avoid general terms when specific ones are available, avoid strings of names. Check for syntax and spelling. If your paper is a review paper, please include the word "review" somewhere in the title.
- ***Author names and affiliations.*** Where the family name may be ambiguous (e.g., a double name), please indicate this clearly. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and **the e-mail address of**

each author. Authors must provide and use an email address unique to themselves and not shared with another author registered in EES, or a department. Institutional email addresses, rather than personal email addresses such as gmail, are strongly preferred for all authors who are affiliated to an institution; this is particularly important for the corresponding author.

- ***Corresponding author.*** *Carbohydrate Polymers* allows only one corresponding author. Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of reviewing and publication, also postpublication. **Ensure that telephone and fax numbers (with country and area code) are provided in addition to the e-mail address and the complete postal address. Contact details must be kept up to date by the corresponding author.**
- ***Present/permanent address.*** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Abstract

A concise and factual abstract is required, and should be a maximum of 150 words in length. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. Numerical values for the most important findings should be reported. An abstract is often presented separately from the article in databases, so it must be able to stand alone. For this reason, vague terms and references should be avoided. Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Authors can make use of Elsevier's [Illustration Services](#) to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal. They consist of a short collection of bullet points that convey the core findings of the article and should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point). You can view [example Highlights](#) on our information site.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a minimum of 3 and maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field or approved by learned societies in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article. Abbreviations, except for very common terms (e.g. DNA, NMR), should not be used in the title of the paper.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

Math formulae

Please submit math equations as editable text and not as images. Present simple formulae in line with normal text where possible and use the solidus (/) instead of a horizontal line for small fractional terms, e.g., X/Y. In principle, variables are to be presented in italics. Powers of e are often more conveniently denoted by exp. Number consecutively any equations that have to be displayed separately from the text (if referred to explicitly in the text).

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors can build footnotes into the text, and this feature may be used. Otherwise, please indicate the position of footnotes in the text and list the footnotes themselves separately at the end of the article. Do not include footnotes in the Reference list.

Artwork.

Electronic artwork General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Embed the used fonts if the application provides that option.
- Aim to use the following fonts in your illustrations: Arial, Courier, Times New Roman, Symbol, or use fonts that look similar.
- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Size the illustrations close to the desired dimensions of the published version.

A detailed guide on electronic artwork is available on our website: <https://www.elsevier.com/artworkinstructions>.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here. *Formats*

If your electronic artwork is created in a Microsoft Office application (Word, PowerPoint, Excel) then please supply 'as is' in the native document format.

Regardless of the application used other than Microsoft Office, when your electronic artwork is finalized, please 'Save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings, embed all used fonts.

TIFF (or JPEG): Color or grayscale photographs (halftones), keep to a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPEG): Bitmapped (pure black & white pixels) line drawings, keep to a minimum of 1000 dpi. TIFF (or JPEG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale), keep to a minimum of 500 dpi.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); these typically have a low number of pixels and limited set of colors;
- Supply files that are too low in resolution;
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables and Figures

Data used in tables and figures must be legible and relevant to the stated aims of your paper and related to a specific point. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text. Place footnotes to tables below the table body and indicate them with superscript lowercase letters. Avoid vertical rules. Please ensure that the data presented in tables do not duplicate results described elsewhere in the article. Do not exceed a total of 10 tables/figures; any additional figures or tables can be included in the supplementary data. **Please note that over half the papers submitted to Carbohydrate Polymers in 2017 were sent back to authors because of poor figure resolution or exceeding the number of figures permitted.**

Carbohydrate Polymers requires authors to include tables and figures in the body of the article at the appropriate position, not at the end of the article.

References

Citation in text

All citations in the text should refer to:

1. Single author: the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication (Smith, 2003);
2. Two authors: both authors' names and the year of publication (Smith & Jones, 2004);
3. Three, four or five authors: all authors names and year of publication (Smith, Jones, & Brown, 2005). For all subsequent citations of this work use et al. (Smith et al., 2005).
4. Six or more authors: first author's name followed by et al. and the year of publication (Black et al., 2007).

Citations may be made directly or parenthetically. Groups of references should be listed first alphabetically, then chronologically. Examples: "as demonstrated (Allan, 1996a, b, 1999; Allan & Jones, 1995; Allen et al., 1994). Kramer et al. (2000) have recently shown..."

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support Citation Style Language styles, such as Mendeley. Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. [More information on how to remove field codes from different reference management software.](#)

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/carbohydrate-polymers>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plugins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference style

Text: Citations in the text should follow the referencing style used by the American Psychological Association.

List: references should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J. A. J., & Lupton, R. A. (2010). The art of writing a scientific article. *Journal of Scientific Communications*, 163, 51–59.

Reference to a book:

Strunk, W., Jr., & White, E. B. (2000). *The elements of style*. (4th ed.). New York: Longman, (Chapter 4).

Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G. R., & Adams, L. B. (2009). How to prepare an electronic version of your article. In B. S. Jones, & R. Z. Smith (Eds.), *Introduction to the electronic age* (pp. 281–304). New York: E-Publishing Inc.

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T. (2015). *Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions*. Mendeley Data, v1. <http://dx.doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright holder. Your article will be checked for plagiarism by the originality detection service Crossref Similarity Check. If the editors find an unacceptable level of similarity between your article and an existing paper in any journal, your article will be rejected. In cases of significant similarity, the Editors will consider further action, including contacting your institution and/or ethics committee.

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. . In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our

recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Data visualization

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions [here](#) to find out about available data visualization options and how to include them with your article.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data](#) page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to *Mendeley Data*. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into one or multiple data articles, a new kind of article that houses and describes your data. Data articles ensure that your data is actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and publicly available to all upon publication. You are encouraged to submit your article for *Data in Brief* as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to *Data in Brief* where it will be editorially reviewed and published in the open access data journal, *Data in Brief*. Please note an open access fee of 500 USD is payable for publication in *Data in Brief*. Full details can be found on the [Data in Brief website](#). Please use [this template](#) to write your Data in Brief.

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

Submission checklist

The following list will be useful during the final checking of an article prior to sending it to the journal for review. Please consult this Guide for Authors for further details of any item.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail addresses for all authors
- Full postal address
- Phone numbers

All necessary files have been uploaded, and contain:

- Keywords
- All tables and figures (with captions) included in the body of the article•

Further considerations

- Manuscript has been 'spell-checked' and 'grammar-checked'
- References are in the correct format for this journal
- All references mentioned in the Reference list are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Web)• Color figures are clearly marked as being intended for color reproduction on the Web (free of charge) and in print, or to be reproduced in color on the Web (free of charge) and in black-and-white in print • If only color on the Web is required, black-and-white versions of the figures are also supplied for printing purposes

For any further information please visit our customer support site at <http://service.elsevier.com>.

AFTER ACCEPTANCE**Online proof correction**

Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word:

in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors. If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized [Share Link](#) providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's [Webshop](#). Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

AUTHOR INQUIRIES

Visit the [Elsevier Support Center](#) to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.

You can also [check the status of your submitted article](#) or find out [when your accepted article will be published](#).

Do not contact the editors - they do not have access to this information and will not be able to help you.

CAPÍTULO 3

ARTIGO 2 – MICROENCAPSULAÇÃO DO EXTRATO DA CASCA E SEMENTE DA JABUTICABA E SUA APLICAÇÃO EM BISCOITOS UTILIZANDO AMIDO FERMENTADO DE ALPISTE COMO MATÉRIA PRIMA.

Rayssa Dias Batista^{1*}, Dianiny de Cássia Sousa Mendes¹, Cleiber Cintra², Diego Palmiro Ramirez Ascheri², Clarissa Damiani¹, Eduardo Ramirez Asquieri³.

¹ Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 74690-900, Brasil.

² Universidade Estadual de Goiás, Anápolis, GO, 75132-400, Brasil

³ Faculdade de Farmácia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, GO, 74605-170, Brasil.

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi microencapsular o extrato de casca e semente de jabuticaba e incorporar em biscoitos de amido fermentado de alpiste para verificar sua estabilidade durante o processamento térmico. Um delineamento experimental DCCR (delineamento composto central rotacional) foi realizado variando a quantidade inicial de alginato de sódio e volume do extrato, levando a um número total de 11 tratamentos e o teor de composto fenólico e eficiência de incorporação foram aplicados como variáveis dependentes (resposta). O resultado do delineamento demonstrou que o maior teor de composto fenólico microencapsulado foi alcançado quando fez uso dos tratamentos 2, 8 e 4, com um teor máximo de 21,02; 21,02 e 18,94 mgEAG/g e eficiência da encapsulação de 55,39; 55,38 e 49,91%, respectivamente, sendo que a variável de volume de extrato mostrou ter maior influência sobre a resposta do teor de composto fenólico e eficiência de encapsulação. Ambas as microcápsulas mostraram uma distribuição de tamanho semelhante entre as suas formulações e morfologias superficiais heterogêneas de forma esponjosa e enrugada, sendo que apenas os tratamentos 5 e 8 obtiveram microcápsulas com tamanho superior aos demais tratamentos. Ao serem adicionadas nos biscoitos revelaram sensibilidade durante o foneamento, com o tratamento 2 e 3 apresentando maior teor de compostos fenólicos.

Palavras-chaves: alginato de sódio, DCCR, processo fermentativo, superfície de resposta, processo térmico.

1. INTRODUÇÃO

O grão de alpiste (*Phalaris canariensis*), conhecido como canary seed, canary grass anual, canário grama, alpista, capim alpista e milho alpista, destaca-se como uma nova fonte de amido por conter aproximadamente 60% de carboidrato em sua estrutura. É produzida principalmente no Canadá e na Argentina, mas com capacidade de se desenvolver com sucesso onde as culturas de trigo, cevada, centeio e aveia são cultivadas (CDCS, 2018). As características desta cultura fazem dela um cereal favorável para aplicações alimentícias e industriais (HEYDARI; RAZAVI; IRANI, 2018).

Uma das aplicações do amido é a produção de amido fermentado, como o de mandioca que é conhecido no Brasil como polvilho azedo e bastante empregado para fabricação de produtos de panificação como biscoitos e pão de queijo (DÍAZ, 2018). A utilização de amido fermentado a partir de novas fontes amiláceas não tem sido relatada na literatura, o que torna inovador a elaboração de produtos de panificação a partir de amido fermentado de alpiste. No entanto, os consumidores estão em busca de alimentos que além de atender às necessidades nutricionais básicas, possuem benefícios adicionais à saúde. Há uma grande necessidade de criar produtos alimentares com efeitos positivos, como antidiabéticos, anti-inflamatórios e anticancerígenos (SAPONJAC et al., 2016).

Neste contexto, os biscoitos são produtos de panificação mais populares e consumidos por todas as faixas etárias e são considerados bons candidatos para serem enriquecidos com ingredientes funcionais (GOMEZ-MASCARAQUE et al., 2017). As jabuticabas são ricas em compostos funcionais como os polifenóis que inclui antocianinas, flavonoides e elagitaninos, o qual apresentam atividades antioxidantes, anti-inflamatórias, hipoglicêmicos e hipolipidêmicas. Como suas cascas e sementes são descartadas durante o processamento, torna-se uma ótima matéria-prima para produção de extratos polifenólicos e serem incorporados na indústria de alimentos (BORGES et al., 2017).

Apesar dos benefícios promissores da suplementação de produtos alimentícios com compostos fenólicos, há uma série de preocupações pela instabilidade desses compostos em função da variação do pH, da temperatura, e na presença de oxigênio e luz. Uma técnica frequentemente usada para superar o inconveniente acima mencionado é o encapsulamento, que permite a imobilização e proteção desses compostos a fim de melhorar sua estabilidade. (GOMEZ-MASCARAQUE et al., 2017).

Portanto, o presente estudo teve como objetivo produzir microcápsulas contendo extrato de casca e semente de jabuticaba, utilizando planejamento experimental DCCR para avaliar o efeito das variáveis do processo (matriz encapsulante e volume de extrato) no teor de compostos fenólicos e eficiência da microencapsulação e incorporar as mesmas em biscoitos de amido fermentado de alpiste para verificar sua estabilidade durante o processamento térmico.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Material

Grãos de alpiste (*alpiste SVS extra canary*®) foram adquiridos em casa agropecuária situada na cidade de Goiânia-GO e as jabuticabas (*Myrciaria cauliflora*) foram coletadas na Fazenda & Vinícola Jabuticabal localizada em Nova Fátima, distrito de Hidrolândia – GO no mês de setembro de 2017 e transportadas para o Laboratório de Química e Bioquímica de Alimentos da Faculdade de Farmácia na Universidade Federal de Goiás em caixas de polietileno de alta densidade (PEAD) sem refrigeração.

O processamento da jabuticaba seguiu o proposto por Ferreira et al., (2018), com algumas modificações. Após a coleta, os frutos foram lavados em água corrente e sanitizados com solução de hipoclorito de sódio (200 ppm/15 min.). Em seguida, os frutos foram despulpados em despulpadeira elétrica, obtendo a polpa e os subprodutos da jabuticaba. A polpa obtida foi congelada a -18 °C para trabalhos posteriores, enquanto que os subprodutos da jabuticaba (cascas e sementes) foram utilizados nesse trabalho como matéria-prima para produção dos extratos. Estes foram submetidos à secagem em estufa com circulação de ar (50 °C) durante 2 dias e triturados para realização das análises.

2.2. Elaboração do amido fermentado

A extração do amido nativo (amido não fermentado) foi realizada de acordo com Silva et al. (2013), com modificações. Inicialmente, o grão inteiro de alpiste foi adicionado em

recipiente de vidro, submerso com água destilada e deixado em repouso durante 24h sob refrigeração (10 °C), para fragilizar sua estrutura e facilitar a extração do amido. Após essa etapa, o alpiste foi lavado com água destilada para retirar impurezas, triturado com auxílio de 500 mL de água destilada em liquidificador industrial (SKYMSEN) durante 10 minutos e posteriormente triturado em liquidificador comercial (Philips Walita) durante 3 minutos.

O material moído foi filtrado em duas peneiras plásticas diferentes, uma de 15 cm e a outra de 9 cm de diâmetro e em peneira granulométrica (marca Granutest) com abertura de 0,210 mm. O filtrado passou por três coadores de pano, a fim de retirar pequenos pelos ou espículas siliciosas presente na casca. Esta etapa foi repetida duas vezes e o material retido nos filtros de plástico e de pano foram lavados sucessivamente com água destilada para reduzir a perda do amido.

O filtrado foi transferido para recipiente de alumínio de 50 L e coberto por água destilada até aproximadamente 10 cm da superfície do amido decantado. O recipiente foi protegido com tela de nylon poliamida (GG-26, 800 micras, 280 micras, 55%, 9,2cm) e a fermentação ocorreu em condições naturais à temperatura ambiente. Foram realizadas controles do processo fermentativo na solução sobrenadante do recipiente, iniciando com coletas em intervalos não regulares, ou seja, em dias que houve mudanças significativas no processo e depois a cada 5 dias. Os controles foram as análises de pH e acidez titulável. A fermentação foi interrompida quando a acidez do produto atingiu 5 mL de NaOH/100g (5%), de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2005). Ao final da fermentação, o sobrenadante foi retirado e o amido fermentado foi submetido à secagem ao sol durante três dias em uma bandeja de alumínio protegida com tule mosquiteiro. O amido fermentado seco foi armazenado em sacos plásticos (PEBD) a -18 °C, para posterior utilização.

2.3. Extração dos compostos fenólicos da casca e semente de jabuticaba

A obtenção do extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente secas de jabuticaba foi realizada de acordo com por Borges et al. (2017), com modificações, usando 400 g de cascas e sementes de jabuticaba (1:1). Para iniciar a etapa de percolação/lixiviação, realizou-se o umedecimento homogêneo da amostra em 2 litros do solvente (álcool 60%) e deixado por maceração (agitação constante) por 24 h. Após esta técnica, o produto macerado foi adicionado no percolador acomodado em camadas de algodão e papel filtro. O processo de percolação ocorreu durante 72 horas e o extrato foi retornado 4 vezes ao percolador, iniciando

o processo novamente. Após o último ciclo, foi adicionado 1 litro do solvente límpido para extração de todo composto fenólico residual presente na amostra.

Os extratos percolados foram concentrados em rota evaporador a 45 °C, até a remoção de 95% do solvente extrator (álcool 60%) e, posteriormente, colocados em banho ultrassônicos a 30 °C por 30 min para aumentar a extração dos compostos bioativos. Esta extração ocorreu pela ruptura das paredes celulares, com conseqüente aumento da transferência de massa do conteúdo celular para o solvente, causado pelas bolhas produzidas na extração líquido/sólido que colapsam e geram pressão localizada causando ruptura das células vegetais e melhorando a liberação de substâncias intracelulares no solvente (PANDEY et al., 2018).

2.4. Preparação das microcápsulas

A técnica de extrusão por gotejamento foi realizada de acordo com Krasaekoopt e Watcharapoka, (2014) com modificações. Para isso, utilizou-se buretas interligadas a ponteiros de pipetas de 200-1000 µL para simular a extrusão com seringas. O extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba foi misturado com 20 mL da solução de alginato de sódio, sendo esta escolhida como matriz encapsulante. A solução contendo alginato de sódio e o extrato foi gotejada em 100 mL da solução de CaCl₂ 3,2% em agitação constante por meio de um agitador magnético. Essa concentração de cloreto de cálcio foi escolhida por conter íons de cálcio suficiente para promover a gelificação eficiente das microcápsulas (SILVA et al., 2018). Após a formação das microcápsulas de alginato de cálcio, as mesmas foram mantidas em repouso na solução de cloreto de cálcio durante 30 min para completa gelificação e posteriormente, filtradas, lavadas três vezes com água destilada.

A condição ótima de produção das microcápsulas foi avaliada usando planejamento fatorial 2² pelo programa STATSOFT STATISTICA 12.5. Dois fatores com 3 repetições no ponto central, foram utilizados nesta investigação com nível de significância de 5%, levando a um número total de 11 tratamentos. A concentração de alginato de sódio e volume do extrato concentrado hidroalcoólico adicionada na matriz encapsulante foram escolhidas como variáveis independentes e cada um em cinco níveis codificados (-1,41; -1; 0; 1; 1,41) (Tabela 1). Os níveis selecionados foram baseados em estudos anteriores (dados não mostrados).

Tabela 1. Fatores e níveis do planejamento fatorial

Fatores	Código	-1,41	-1	0	1	1,41
Alginato de sódio (m/v)	X ₁	0,9	1%	1,25%	1,5%	1,6
Volume de extrato	X ₂	0,6	1 mL	2 mL	3 mL	3,4

Uma função polinomial de segunda ordem foi ajustada para correlacionar a relação entre as variáveis independentes e a variável resposta (teor de compostos fenólicos e eficiência da encapsulação). Fatores como X₁ e X₂, foram correlacionados pela seguinte equação:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{12}X_1X_2 \quad (1)$$

Na Eq. (1), Y foi à resposta prevista correspondente ao teor de compostos fenólicos e eficiência da encapsulação, X₁ e X₂ foram as variáveis independentes, b₀ foi um termo de compensação, b₁ e b₂ foram os efeitos lineares, b₁₁ e b₂₂ foram os coeficientes quadrados e b₁₂ foi o coeficiente de interação.

2.4.1. Revestimento com quitosana

As microcápsulas de alginato de cálcio foram revestidas com quitosana usando método descrito por Krasaekoopt e Watcharapoka (2014), com algumas adaptações. Foram dissolvidas 0,4g de quitosana em 90 mL de água destilada e, então, acidificada com 0,4 mL do ácido acético glacial. O pH foi ajustado para ficar entre 5,7 e 6 por adição de NaOH 1M. A mistura foi filtrada através do papel filtro, sendo o volume ajustado para 100 mL. Posteriormente, as microcápsulas lavadas foram imersas em 100 mL de solução de quitosana e agitadas em agitador magnético durante 40 min. As microcápsulas revestidas com quitosana foram lavadas três vezes com água destilada e a secagem foi realizada ao ar em temperatura ambiente durante 48 h (OLAIZOLA et al., 2016).

2.5. Total de composto fenólico microencapsulado e eficiência da microencapsulação

Para determinar o total de composto fenólico microencapsulado foi necessário destruir as microcápsulas, seguindo metodologia descrita por Olaizola et al. (2016). Desta forma, as microcápsulas foram misturadas com 10 mL da solução de citrato de sódio a 5% previamente aquecida a 40 °C e deixadas em agitação até dissolução total. Com isso, os íons de Na⁺ da solução de citrato de sódio substituíra os íons de Ca⁺², desestabilizando a estrutura das microcápsulas.

A partir da solução de microcápsulas dissolvidas foi determinado o teor de composto fenólico seguindo a metodologia descrita por Zielinski; Kozłowska (2000) pelo método de Folin–Ciocalteu que se baseia na reação colorimétrica de oxidação/redução de fenóis. Os resultados foram expressos como equivalente ao ácido gálico (mgEAG/g do extrato). O teor de composto fenólico também foi determinado no extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba

A eficiência da encapsulação foi calculada usando a equação descrita por Ahmad et al (2017).

$$EE\% = \left(\frac{\text{Teor de composto fenólico nas microcápsulas}}{\text{Teor do composto fenólico no extrato}} \right) \times 100 \quad (2)$$

2.6. Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

A morfologia das microcápsulas foi avaliada pelo Microscópio Eletrônico de Varredura de baixa resolução (TM 3030 PLUS, Tabletop Microscope, Hitachi) fornecido pelo Laboratório de Análise Instrumental da Universidade Estadual de Goiás, localizada em Anápolis. Além da avaliação da morfologia, o diâmetro das microcápsulas de cada tratamento obtido pelo delineamento foi medido em mm com um paquímetro digital.

2.7. Análise da estabilidade das microcápsulas nos biscoitos de amido fermentado

A preparação dos biscoitos seguiu a formulação proposta por Nunes e Cereda (1994) com algumas modificações. Para a produção dos mesmos foi misturado 5 g de amido fermentado e 0,1 g de microcápsulas em 4,5 mL de água fervente e, em seguida, modelada no formato cilíndrico através de bico confeiteiro circular n°10, distribuídos em assadeira e

colocados em forno elétrico (Britania®, 10L) à temperatura de 170 °C por 15 minutos, repetindo estas etapas para cada tratamento obtido pelo delineamento experimental. O controle foi preparado seguindo a mesma metodologia com adição de 0,1g do extrato não microencapsulado em 5 g de amido fermentado (ROBERT et al., 2010). Após os biscoitos assados, foi realizada a análise do teor de composto fenólico. Para isto, 20 mL de citrato de sódio foram adicionados nos biscoitos e agitados até sua dissolução total. A dispersão foi centrifugada a 7000 rpm por 7 minutos e o sobrenadante recolhido e filtrado através de papel filtro. Os teores totais de polifenóis nos extratos de biscoitos foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu como descrito no item 2.5.

2.8. Análise estatística

Os dados foram apresentados com média e desvio padrão e submetidos à ANOVA, utilizando o teste Tukey pelo programa estatístico Sisvar®, sendo os valores de $p < 0,05$ foram considerados como significativamente diferentes e os resultados do planejamento experimental foram analisados utilizando software STATSOFT STATISTICA 12.5 e os gráficos foram gerados pelo Origin® Pro8.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.2. Produção das microcápsulas

Pelo delineamento experimental obtiveram-se onze combinações das variáveis independentes (alginato de sódio e volume de extrato), incluindo três repetições com o valor central para estimar o erro experimental, sendo que o volume de extrato de cada tratamento foi adicionado em 20 mL das diferentes concentrações de alginato de sódio especificado na Tabela 2.

Após a obtenção dos onze tratamentos, na Figura 1 se observa as microcápsulas (secas em temperatura ambiente) que apresentaram aspecto visual pequena e de coloração escura, semelhante à cor do extrato hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba (EHCSJ). As imagens das microcápsulas úmidas podem ser observadas no Apêndice A.

Os tratamentos 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9,10 e 11 apresentaram as mesmas características (Figura 1A), com formato arredondado, enquanto que os tratamentos 5 e 8 apresentaram formato cilíndrico (Figura 1B), se distanciando da estrutura de cápsula. As microcápsulas obtidas do tratamento 5 apresentaram deformação em sua estrutura pela baixa concentração de alginato utilizada (0,9%), enquanto que o formato das microcápsulas do tratamento 8 foram imperfeitas pelo maior volume de extrato adicionado (3,4 mL) na solução de alginato de sódio.

Segundo Pasukamonset, Kwon e Adisakwattana (2016), as microcápsulas de alginato são reticulados com íons de cálcio através da gelificação iônica. A baixa concentração de alginato não oferece grupos carboxílicos suficientes para formar microcápsulas esféricas com os íons de cálcio. O maior volume de extrato provavelmente interferiu na ligação dos grupos carboxílicos do alginato com os íons de cálcio, como observado por Arriola et al. (2019) que encapsulou extrato aquoso de *Stevia Rebaudiana Bertoni* usando alginato de sódio e observou que a incorporação do extrato na matriz polimérica provocou mudanças na estrutura do cápsula e nas características da superfície.

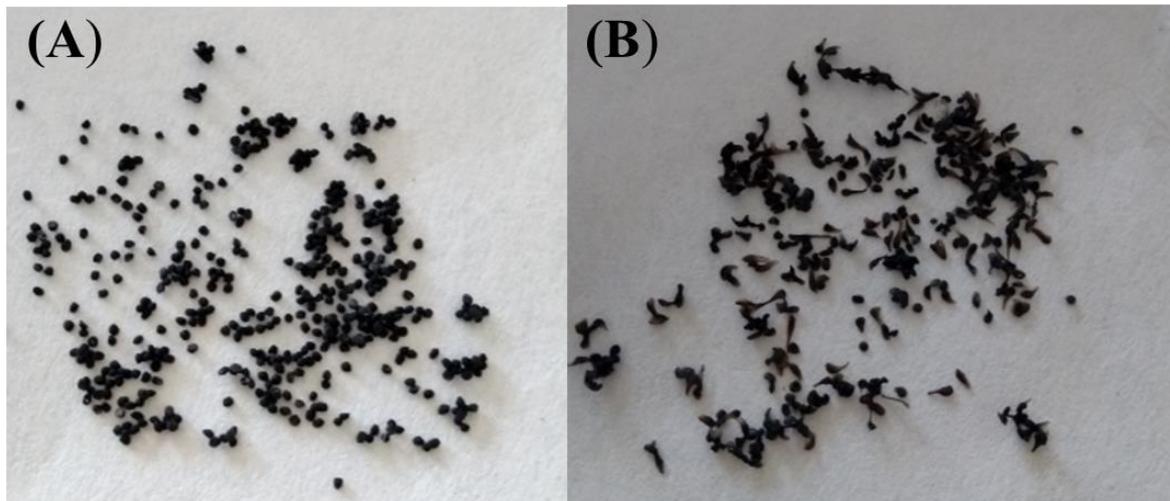


Figura 1. Aspecto visual das microcápsulas (EHCSJ) após secagem em temperatura ambiente: tratamentos 1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 11 com a mesma aparência (A); tratamentos 5 e 8 com a mesma aparência.

Com base nos resultados obtidos na Tabela 2, observe que o maior teor de compostos fenólicos microencapsulado é alcançado quando faz uso dos tratamentos 2, 8 e 4, com teor máximo de 21,02; 21,02 e 18,94 mgEAG/g e eficiência da encapsulação de 55,39; 55,38 e 49,91%, respectivamente, o que já era esperado pelo maior volume de extrato utilizado para

preparação das microcápsulas. Com isso, tanto o volume de extrato quanto a concentração da matriz encapsulante (alginato de sódio) foram capazes de afetar a estrutura das microcápsulas.

Tabela 2. Planejamento experimental DCCR usado para a superfície de resposta com 2 variáveis independentes para a produção de microcápsulas

Tratamentos	Alginato (%)*	Extrato EHCSJ (mL)*	CFT* (mgEAG/g)	Eficiência da encapsulação (%)
1	1,0 (-1)	1,0 (-1)	9,40 ± 0,07	24,77
2	1,0 (-1)	3,0 (1)	21,02 ± 0,10	55,39
3	1,5 (1)	1,0 (-1)	7,16 ± 0,08	18,86
4	1,5 (1)	3,0 (-1)	18,94 ± 0,05	49,91
5	0,9 (-1,41)	2,0 (0)	17,23 ± 0,30	45,38
6	1,6 (1,41)	2,0 (0)	14,09 ± 0,13	37,12
7	1,25 (0)	0,6 (-1,41)	5,21 ± 0,01	13,72
8	1,25 (0)	3,4 (1,41)	21,02 ± 0,17	55,38
9 (C)	1,25 (0)	2,0 (0)	12,80 ± 0,0	33,74
10 (C)	1,25 (0)	2,0 (0)	15,22 ± 0,10	40,10
11 (C)	1,25 (0)	2,0 (0)	16,15 ± 0,15	42,56

*Média ± desvio padrão de três repetições. Foram utilizados 20 mL de alginato de sódio para cada concentração estabelecida pelo delineamento. Sigla CFT correspondente a compostos fenólicos totais e EHCSJ a extratos concentrados hidroalcoólicos de casca e semente de jabuticaba (EHCSJ). O teor de composto fenólico no extrato foi de 37,96 ± 0,3 mg EAG/g.

Freitas et al. (2018) realizaram planejamento experimental variando a quantidade inicial de alginato de sódio e do fármaco cetoprofeno e observaram também que o teor do fármaco encapsulado aumentou à medida que a quantidade de fármaco inicialmente adicionada foi aumentando. De acordo com Chávarri et al., (2010), alguns fatores podem afetar a eficiência da microencapsulação, como o tamanho das microcápsulas, concentração de alginato, a carga do composto utilizada e a concentração de cloreto de cálcio (CaCl₂).

O modelo experimental em relação ao teor de composto fenólico foi validado pela análise de variância (ANOVA) com um coeficiente de determinação $R^2 = 0,97858$, F calculado da regressão de 411,09 (maior que e o valor de F tabelado de 5,12) e o valor de F falta de ajuste de 0,03 (menor que o valor de F tabelado de 19,16) fazendo com que o modelo seja válido no intervalo de 95% de confiança (Tabela 3), ou seja, o modelo se ajusta bem aos dados experimentais.

Tabela 3. Análise de variância (ANOVA) pelo delineamento DCCR para o teor de composto fenólico microencapsulado

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{cal}	F _{tab}
Regressão	276,80	1	276,80	411,09	5,12
Resíduos	6,06	9	0,67	-	-
Falta de ajuste	0,24	3	0,08	0,03	19,16
Erro puro	5,82	2	2,91	-	-
Total	282,86	10	-	-	-

*F_{tab}: valores tabelados de F a p < 0,05.

Os fatores analisados pela Tabela 4 mostraram que não foi significativo o termo linear da concentração de alginato e da interação entre o alginato e o extrato, enquanto que o volume de extrato foi significativo (p<0,05) com efeito linear positivo, indicando que esse parâmetro interferiu no teor de composto fenólico encapsulado.

Tabela 4. Principais efeitos das variáveis independentes escolhidas sobre o teor de composto fenólico microencapsulado utilizando o planejamento experimental DCCR.

Fatores	Efeito	Erro	t(2)	p-valor
Média	14,70	0,98	14,92	0,004
(X ₁)Alginato(L)	-2,17	1,21	-1,79	0,21
(X ₁ ²)Alginato (Q)	0,82	1,43	0,57	0,62
(X₂)Extrato(L)	11,41	1,21	9,46	0,01
(X ₂ ²)Extrato(Q)	-1,72	1,43	-1,20	0,35
(X ₁ . X ₂) 1L by 2L	0,05	1,70	0,03	0,97

*Em negrito quando p < 0,05. L: linear, Q: quadrática. 95% de significância (p < 0,05).

Uma equação foi ajustada aos dados por análise de regressão múltipla e descreve as respostas medidas para as variáveis independentes (concentração de alginato e volume de extrato) em relação a variável dependente (compostos fenólicos). O modelo ajustado para o teor de composto fenólico foi caracterizada pela seguinte Equação 3:

$$\text{CFT (mgEAG/g)} = 14,70 + 11,41 X_2 \quad (3)$$

De acordo com a equação do modelo, acredita-se que o volume de extrato (X₂), seja o fator mais importante que afeta o teor de composto fenólico microencapsulado entre as variáveis estudadas.

O modelo experimental em relação à eficiência de encapsulação também foi validado pela análise de variância (ANOVA) com um coeficiente de determinação $R^2 = 0,97819$, F calculado da regressão de 403,59 (maior que o valor de F tabelado de 5,12) e o valor de F falta de ajuste de 0,03 (menor que o valor de F tabelado de 19,16) fazendo com que o modelo seja válido no intervalo de 95% de confiança (Tabela 5), ou seja, o modelo se ajusta bem aos dados experimentais.

Tabela 5. Análise de variância (ANOVA) pelo delineamento DCCR para a eficiência de encapsulação

Fonte de variação	Soma dos quadrados	Graus de liberdade	Quadrado médio	F _{cal}	F _{tab}
Regressão	1934,12	1	1934,12	403,59	5,12
Resíduos	43,13	9	4,79	-	-
Falta de ajuste	1,83	3	0,61	0,03	19,16
Erro puro	41,30	2	20,65	-	-
Total	1977,25	10	-	-	-

*F_{tab}: valores tabelados de F a $p \leq 0,05$.

Pela Tabela 6, que descreve os coeficientes do modelo de regressão, observe que também não foi significativo o termo linear da concentração de alginato e da interação entre o alginato e o extrato, enquanto que o volume de extrato foi significativo ($p < 0,05$) para o aumento da eficiência de encapsulação, com efeito linear positivo.

Tabela 6. Principais efeitos das variáveis independentes escolhidas sobre a eficiência de encapsulação utilizando o planejamento experimental DCCR.

Fatores	Efeito	Erro	t(2)	p-valor
Média	38,804	2,62	14,79	0,004
(X ₁)Alginato(L)	-5,759	3,21	-1,79	0,21
(X ₁ ²)Alginato (Q)	2,124	3,82	0,55	0,63
(X₂)Extrato(L)	30,162	3,21	9,38	0,01
(X ₂ ²)Extrato(Q)	-4,577	3,82	-1,19	0,35
(X ₁ . X ₂) 1L by 2L	0,233	4,54	0,05	0,96

*Em negrito quando $p < 0,05$. L: linear, Q: quadrática. 95% de significância ($p < 0,05$).

O modelo matemático codificado para a eficiência de encapsulação foi representada pela Equação 4. A equação do modelo mostrou que apenas o efeito linear do volume de extrato (X₂) foi significativo, verificando que este apresentou maior influência na eficiência da encapsulação.

$$\text{Eficiência da encapsulação (\%)} = 38,804 + 30,162 X_2 \quad (4)$$

Na Figura 2 estão apresentadas as superfícies de resposta e as curvas de nível para o teor de composto fenólico e eficiência da encapsulação, por meio do modelo proposto (Equação 3 e 4), variando os valores da concentração de alginato e volume de extrato. Através da superfície de resposta gerada pelo modelo, pode se obter as condições de alginato e extrato para produção das microcápsulas que resultam em maior teor de composto fenólico e eficiência de encapsulação.

Verificou-se, por meio da Figura 2, que a variável de volume de extrato mostrou ter maior influência sobre a resposta do teor de composto fenólico e eficiência de encapsulação, indicando que quanto maior o volume do extrato adicionado maior será a quantidade de compostos fenólicos nas microcápsulas com conseqüente aumento da eficiência de encapsulação.

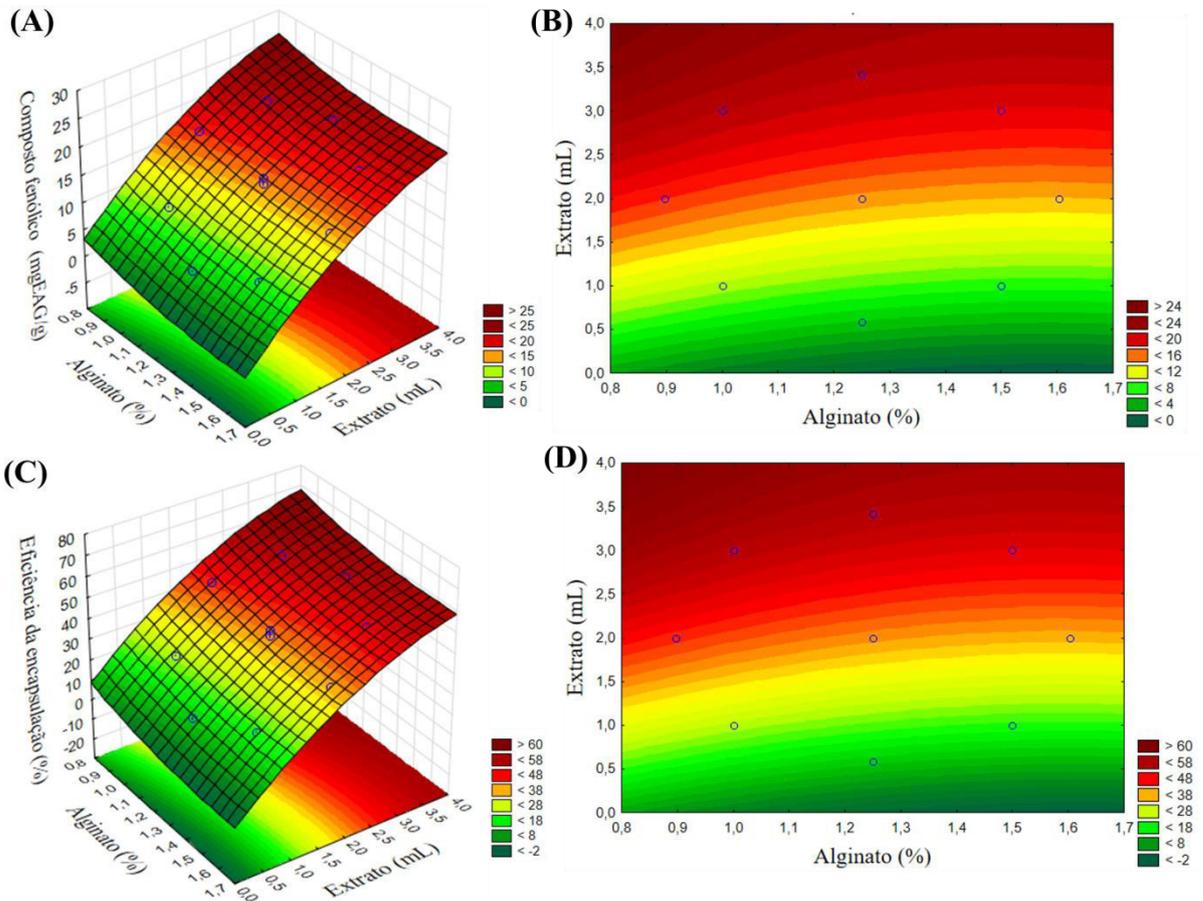


Figura 2. Superfície de resposta (A) e curvas de nível (B) para o teor de composto fenólico e superfície de resposta (C) e curvas de nível (D) para eficiência da encapsulação.

Para que um produto seja terapeuticamente eficaz com a adição das microcápsulas é necessário que o nível do princípio ativo seja suficientemente alto por partícula (FREITAS et al., 2018). Baseado nisto, na Figura 3 está apresentada os valores ótimos das variáveis independentes (alginato e extrato) para alcançar o máximo de composto fenólico microencapsulado. Os resultados mostraram que para a produção das microcápsulas, os valores de 1,25% de alginato de sódio e 3,41 mL do extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba, são as condições que maximizam tanto o teor de compostos fenólicos microencapsulado como a eficiência de encapsulação, o que equivale ao tratamento ao tratamento 8.

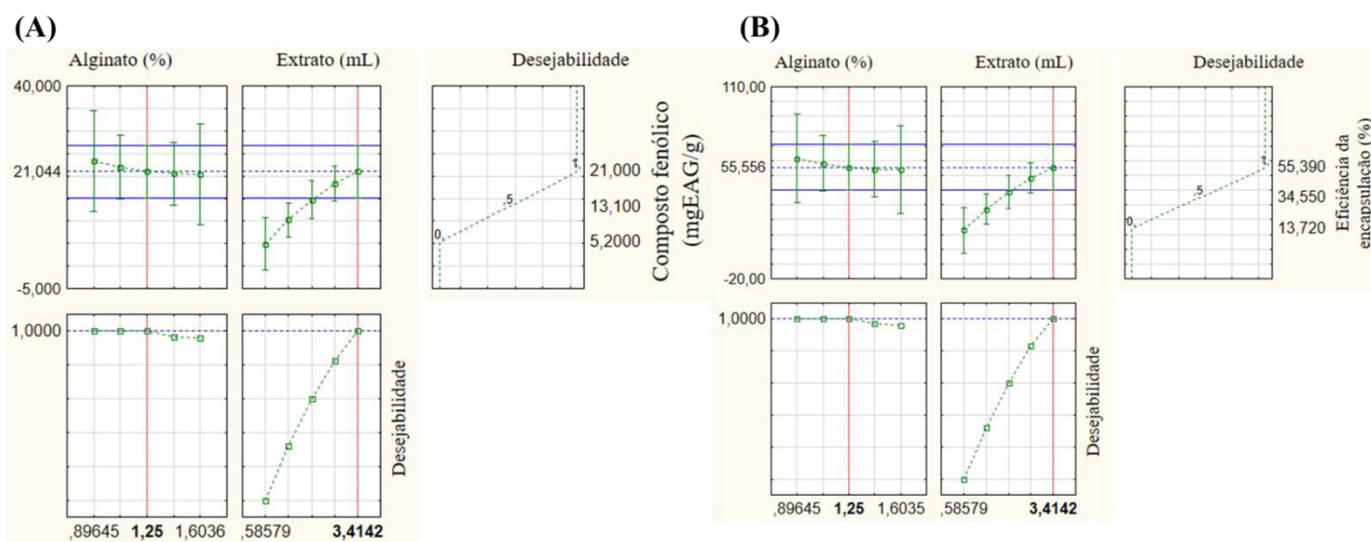


Figura 3. Perfis para valores previstos e desejabilidade da variável do teor de compostos fenólicos (A) e eficiência da encapsulação (B).

3.3. Tamanho e análise morfológica

No geral, ambas as microcápsulas mostraram uma distribuição de tamanho semelhante entre as suas formulações e apenas os tratamentos 5 e 8 obtiveram microcápsulas com tamanho superior aos demais tratamentos (Tabela 7). No estudo realizado por Pasukamonset, Kwon e Adisakwattana (2016), ao encapsular polifenóis de flores de pétalas de *Clitoria Ternatea* em diferentes concentrações de alginato de sódio, as microcápsulas apresentaram variados tamanhos de 0,985 a 1,02 mm, semelhante ao resultado encontrado no presente estudo.

O tamanho e a forma dos grânulos dependem de vários fatores, como o diâmetro do bico e a distância entre o bico e a solução gelificante (cloreto de cálcio). É importante ressaltar que as cápsulas podem ser classificadas de acordo com o seu tamanho: macrocápsulas (>5mm), microcápsulas (0,2µm a 5mm) e nanocápsulas (< 0,2µm) (SILVA et al., 2014). Assim é possível perceber que as cápsulas obtidas no presente estudo podem ser consideradas microcápsulas.

Tabela 7. Distribuição do tamanho das microcápsulas de extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba dos onze tratamentos do delineamento experimental.

Tratamentos	Alginato (%)*	Extrato EHCSJ (mL)*	Tamanho (mm)
1	1,0 (-1)	1,0 (-1)	0,86 ± 0,15 ^b
2	1,0 (-1)	3,0 (1)	0,78 ± 0,15 ^b
3	1,5 (1)	1,0 (-1)	0,92 ± 0,09 ^b
4	1,5 (1)	3,0 (-1)	0,77 ± 0,07 ^b
5	0,9 (-1,41)	2,0 (0)	1,81 ± 0,5 ^{ab}
6	1,6 (1,41)	2,0 (0)	0,88 ± 0,07 ^b
7	1,25 (0)	0,6 (-1,41)	0,96 ± 0,1 ^{ab}
8	1,25 (0)	3,4 (1,41)	1,78 ± 0,7 ^a
9 (C)	1,25 (0)	2,0 (0)	0,99 ± 0,08 ^b
10 (C)	1,25 (0)	2,0 (0)	0,99 ± 0,09 ^b
11 (C)	1,25 (0)	2,0 (0)	0,94 ± 0,09 ^b

*Média ± desvio padrão de dez repetições. Letras iguais nas colunas não se diferenciam em teste Tukey com nível de significância $p > 0,05$.

Na Figura 4 está ilustrada a microestrutura de cada microcápsula obtida nos onze tratamentos do delineamento experimental. Todas as microcápsulas apresentaram morfologias superficiais heterogêneas e uma forma esponjosa e enrugada, que são características de materiais submetidos à secagem devido ao colapso parcial da rede de gel polimérica (ARRIOLA et al., 2016). Os tratamentos 5 e 8 não apresentaram morfologia semelhante as outras microcápsulas, como discutido no item 3.1.

Observações morfológicas semelhantes das microcápsulas de alginato foram relatadas por Arriola et al. (2019) que encapsularam extratos aquosos de *Stevia Rebaudiana Bertoni* por gelificação iônica e avaliaram os efeitos de misturas de alginato e soluções gelificantes sobre o perfil polifenólico.

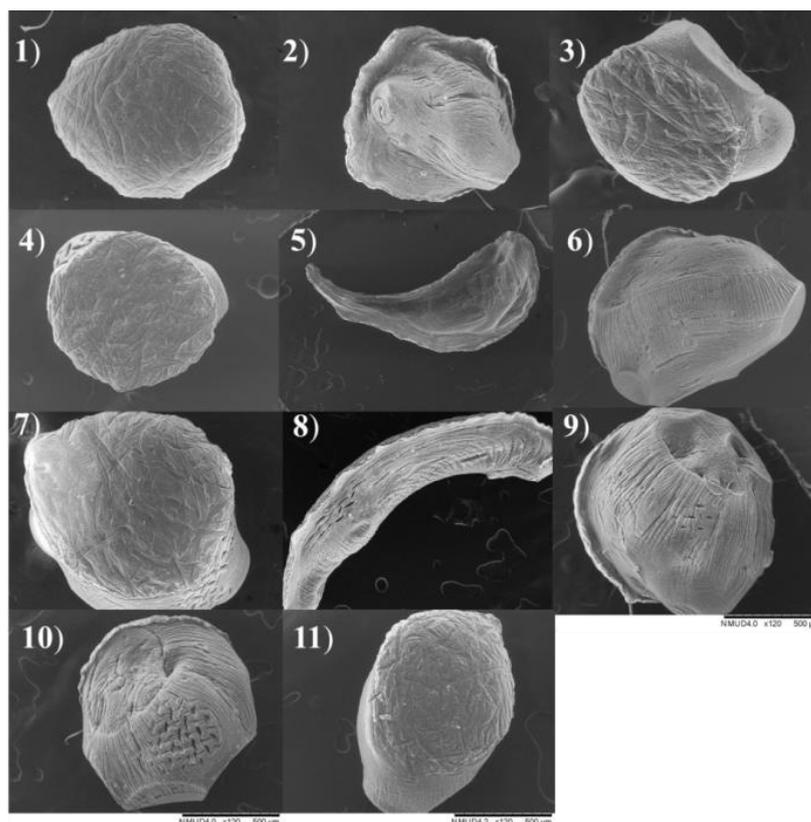


Figura 4. Microscopia eletrônica de varredura das microcápsulas (EHCSJ) dos onze tratamentos obtidos pelo delineamento experimental.

3.4. Estabilidade das microcápsulas nos biscoitos de amido fermentado

Sabe-se que a estabilidade dos polifenóis diminui com aumento da temperatura e do pH, sendo suscetíveis à degradação durante o processamento de alimentos (BORA et al., 2018). Conforme as condições utilizadas para a elaboração dos biscoitos de amido fermentado de alpiste enriquecido com as microcápsulas do extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba (170 °C por 15 minutos), observe que houve diferença significativa entre os biscoitos analisados ($p < 0.05$) e que os polifenóis encapsulados e incorporados nos biscoitos exibiram sensibilidade ao processamento térmico, sendo os tratamentos 2 e 3 apresentando maior teor desse composto após o forneamento, quando comparada com as outras formulações.

Tabela 8. Conteúdo de compostos fenólicos nos biscoitos com microcápsulas do extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba

Tratamentos	Compostos Fenólicos totais do (mgEAG/g)	
	Microcápsulas	Biscoitos + microcápsulas
Controle	37,96 ± 0,3	0,15 ± 0,1 ^{abc}
1	9,40 ± 0,07	0,06 ± 0,0 ^{bc}
2	21,02 ± 0,10	0,28 ± 0,03 ^a
3	7,16 ± 0,08	0,22 ± 0,09 ^{ab}
4	18,94 ± 0,05	0,06 ± 0,02 ^{bc}
5	17,23 ± 0,30	0,02 ± 0,04 ^c
6	14,09 ± 0,13	0,11 ± 0,07 ^{abc}
7	5,21 ± 0,01	0,04 ± 0,01 ^c
8	21,02 ± 0,17	0,09 ± 0,04 ^{bc}
9	12,80 ± 0,0	0,11 ± 0,04 ^{bc}

*Média ± desvio padrão de três repetições. Letras iguais nas colunas não se diferenciam em teste Tukey com nível de significância $p > 0,05$. Controle equivale ao biscoito com o extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba não microencapsulado.

Mudanças na temperatura podem promover liberação dos compostos fenólicos da matriz polimérica para o meio e provocar maior degradação. A liberação está relacionada aos materiais que se expandem ou colapsam quando uma temperatura crítica é atingida, ou liberação ativada por fusão, que envolve o derretimento do material da parede devido à temperatura aumentar (SILVA et al., 2014).

Zhang et al. (2014) afirmam que o processamento térmico provavelmente favorece a reação de compostos fenólicos com outros componentes presente nas receitas de biscoitos, como fragmentos de açúcar originados da caramelização e reação de Maillard, afetando o conteúdo de antioxidantes.

Mesmo a matriz polimérica utilizada para microencapsular o extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba (alginato de sódio) ter apresentado sensibilidade durante o forneamento, houve conteúdo de compostos fenólicos após o processo térmico, o que demonstra ainda a capacidade de proteção da matriz polimérica com esses compostos. Gomez-Mascaraque et al. (2017) microencapsularam polifenóis do bagaço de cereja com proteína do soro de leite e de soja e ao adicionarem nos biscoitos de farinha de trigo (10% e 15% das microcápsulas) observaram uma perda de quase 87% dos compostos fenólicos após o processo térmico (15 minutos a 230 °C), restando apenas 0,8 mgEAG/g. Para alcançar resultados semelhantes, acredita-se que ao adicionar 0,3 g das microcápsulas de alginato de sódio do extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba em 5 g de amido fermentado de alpiste será possível obter valores próximos a 0,8 mgEAG/g.

4. CONCLUSÃO

Pelo delineamento experimental conclui-se que houve maior teor de compostos fenólicos microencapsulado e maior eficiência de encapsulação nos tratamentos 2, 8 e 4. A variável de volume de extrato mostrou ter maior influência sobre a resposta do teor de composto fenólico e eficiência de encapsulação e a desejabilidade das variáveis independentes mostrou que os valores de 1,25% de alginato de sódio e 3,41 mL do extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba são as que apresentaram melhores condições para a preparação das microcápsulas.

Quando os biscoitos com as microcápsulas foram submetidos ao processo térmico, a matriz polimérica utilizada para a microencapsular o extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba (alginato de sódio) apresentou baixa proteção contra a degradação durante o forneamento, mas mesmo após essa condição houve conteúdo de compostos fenólicos, com o tratamento 2 e 3 apresentando maior teor desse composto, o que demonstra o efeito protetor da matriz polimérica.

O processo de encapsulamento dos compostos fenólicos de extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba em alginato de sódio e quitosana e sua incorporação em biscoitos de amido fermentado de alpiste descritos neste estudo, representam um caminho promissor para o desenvolvimento de alimentos funcionais e a partir deste trabalho, estudos posteriores serão realizados para aprimorar as condições do processo de encapsulamento e aumentar o conteúdo de compostos fenólicos microencapsulados nos biscoitos de amido fermentado.

REFERÊNCIAS

AHMAD, M.; QURESHI, S.; MAQSOOD, S.; GANI, A.; MASOODI, F. A. Micro-encapsulation of folic acid using horse chestnut starch and b-cyclodextrin: Microcapsule characterization, release behavior & antioxidant potential during GI tract conditions. **Food Hydrocolloids**, v. 66, p.154-160, 2017.

ASQUIERI, E. R. **Efeito da fermentação nas características da fécula de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*) de três cultivares colhidas em diferentes épocas**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, Minas Gerais, 1990.

ARRIOLA, N. D. A.; CHATER, P. I.; WILCOX, M.; LUCINI, L.; ROCCHETTI, G.; DALMINA, M.; PEARSON, J. P.; AMBONI, R. D. M. C. Encapsulation of stevia rebaudiana Bertoni aqueous crude extracts by ionic gelation – Effects of alginate blends and gelling solutions on the polyphenolic profile. **Food Chemistry**, v.275, p.123–134, 2019.

ARRIOLA, N. D. A.; MEDEIROS, P. M.; PRUDENCIO, E. S.; MÜLLER, C. M. O.; AMBONI, R. D. M. C. Encapsulation of aqueous leaf extract of *Stevia rebaudiana* Bertoni with sodium alginate and its impact on phenolic content. **Food Bioscience**, v. 13, p.32–40, 2016.

BORA, A. F. M.; MA, S.; LI, X.; LIU, L. Application of microencapsulation for the safe delivery of green tea polyphenols in food systems: Review and recent advances. **Food Research International**, v. 105, p. 241–249, 2018.

BORGES, L. L.; MARTINS, F. S.; CONCEIÇÃO, E. C.; SILVEIRA, D. Optimization of the spray-drying process for developing jaboticaba waste powder employing response surface methodology. **Journal of Food Process Engineering**, v. 40, p. 1-9, 2017.

BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução n. 263, de 22 de setembro 2005. Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, p. 368-369, 2005

CDCS - CANARYSEED DEVELOPMENT COMMISSION OF SASKATCHEWAN. **Nutrition & Sensory Profile**. 2018. Disponível em: < <https://www.canaryseed.ca/nutritional-factsheets.html> > . Acesso em: 23 de outubro de 2018.

CHÁVARRI, M. et al. International Journal of Food Microbiology Microencapsulation of a probiotic and prebiotic in alginate-chitosan capsules improves survival in simulated gastrointestinal conditions. **International Journal of Food Microbiology**, v. 142, n. 1-2, p. 185–189, 2010.

DÍAZ, A.; DINI, C.; VIÑA, S. Z.; GARCÍA, M. A. Technological properties of sour cassava starches: Effect of fermentation and drying processes. **LWT - Food Science and Technology**, v.93, p.116–123, 2018.

FERREIRA, M. N.; SILVA, F. A.; DAMIANI, C.; SILVA, E. P.; COSTA, F. S. Caracterização física e química de polpa de jabuticaba. **Revista Agrotecnologia**, Ipameri, v.9, n.1, p.81-87, 2018.

FREITAS, E. D.; ROSA, P. C. P.; SILVA, M. G. C.; VIEIRA, M. G. A. Development of sericin/alginate beads of ketoprofen using experimental design: Formulation and in vitro dissolution evaluation. **Powder Technology**, v. 335, p. 315–326, 2018.

GOMEZ-MASCARAQUE, L.; HERNANDEZ-ROJAS, M.; TARANCON, P.; TENON, M.; NICOLAS FEUILLERE, N.; RUIZ, J. F. V.; SUSANA FISZMAN, S.; LOPEZ-RUBIO, A. Impact of microencapsulation within electrosprayed proteins on the formulation of green tea extract-enriched biscuits. **LWT - Food Science and Technology**, v. 81, p.77-86, 2017.

HEYDARI, A.; RAZAVI, S. M. A.; IRANI, M. Effect of temperature and selected sugars on dilute solution properties of two hairless canary seed starches compared with wheat starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 108, p. 1207–1218, 2018.

KRASAEKOOPT, W.; WATCHARAPOKA, S. Effect of addition of inulin and galactooligosaccharide on the survival of microencapsulated probiotics in alginate beads coated with chitosan in simulated digestive system, yogurt and fruit juice. **LWT - Food Science and Technology**, v. 57, n. 2, p. 761–766, 2014.

NUNES, O. L. G. S.; CEREDA, M. P. **Metodologia para avaliação da qualidade de fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 1994, Salvador. Anais... Salvador: SBM, p. 37, 1994.

OLAIZOLA, O. A.; NAVARRO, P.; VALLEJO, A.; OLIVARES, M.; ETXEBARRIA, N.; USOBIAGA, A. Microencapsulation and storage stability of polyphenols from *Vitis vinifera* grape wastes. **Food Chemistry**, v. 190, p. 614–621, 2016.

PANDEYA, A.; BELWALA, T.; SEKARA, K. C.; INDRA D. BHATTA, I. D.; RAWAL, R. S. Optimization of ultrasonic-assisted extraction (UAE) of phenolics and antioxidant compounds from rhizomes of *Rheum moorcroftianum* using response surface methodology (RSM). **Industrial Crops & Products**, v. 119, p.218–225, 2018.

PASUKAMONSET, P.; KWON, O.; ADISAKWATTANA, S. Alginate-based encapsulation of polyphenols from *Clitoria ternatea* petal flower extract enhances stability and biological activity under simulated gastrointestinal conditions. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 772-779, 2016.

ROBERT, P.; GORENA, T.; ROMERO, N.; SEPULVEDA, E.; CHAVEZ, J.; SAENZ, C. Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (*Punica granatum*) by spray drying. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 45, p. 1386–1394, 2010.

SILVA, M. P.; TULINI, F. L.; MARTINS, E.; PENNING, M.; FÁVARO-TRINDADE, C. S.; PONCELET, D. Comparison of extrusion and co-extrusion encapsulation techniques to protect *Lactobacillus acidophilus* LA3 in simulated gastrointestinal fluids. **LWT - Food Science and Technology**, v.89, p.392–399, 2018.

SILVA, P. T.; FRIES, L. L. M.; MENEZES, C. R.; HOLKEM, A. T.; SCHWAN, C. L.; WIGMANN, E. F.; BASTOS, J. O.; SILVA, C. B. Microencapsulation: concepts, mechanisms, methods and some applications in food technology. **Ciência Rural**, v. 44, n. 7, p. 1304–1311, 2014.

ZHANG, X.; CHEN, F.; WANG, M. Antioxidant and Antiglycation Activity of Selected Dietary Polyphenols in a Cookie Model. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 62, p.1643–1648,2014.

ZIELINSKI, H.; KOZŁOWSKA, H. Antioxidant Activity and Total Phenolics in Selected Cereal Grains and Their Different Morphological Fractions. **J. Agric. Food Chem**, v.48, p. 2008–2016, 2000.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises realizadas no amido fermentado mostrou estar dentro dos padrões estabelecidos pela legislação vigente (ANVISA – RDC N°12), apresentando diferenças nas suas características estruturais e físico-químicas quando comparado com o amido nativo de alpiste (não fermentado). O processo de fermentação alterou significativamente o perfil de viscosidade do amido fermentado, enquanto que o mecanismo de degradação térmica não foi semelhante para os amidos nativo e fermentado. A capacidade de expansão dos biscoitos produzidos com o amido fermentado de alpiste não foi semelhante ao polvilho azedo comercial,

Em relação às microcápsulas, a morfologia e o teor de compostos fenólicos foram afetados pela concentração de alginato de sódio e pelo volume de extrato utilizado, com um maior teor de compostos fenólicos microencapsulado e maior eficiência de encapsulação nos tratamentos 2, 8 e 4. Além disso, mesmo a matriz polimérica utilizada para microencapsular o extrato concentrado hidroalcoólico de casca e semente de jabuticaba (alginato de sódio), apresentar sensibilidade durante o forneamento, houve conteúdo de compostos fenólicos após o processo térmico, o que demonstra ainda a capacidade de proteção da matriz polimérica com esses compostos. A partir deste trabalho, estudos posteriores serão realizados para aprimorar as condições do processo de encapsulamento.

APÊNDICE A

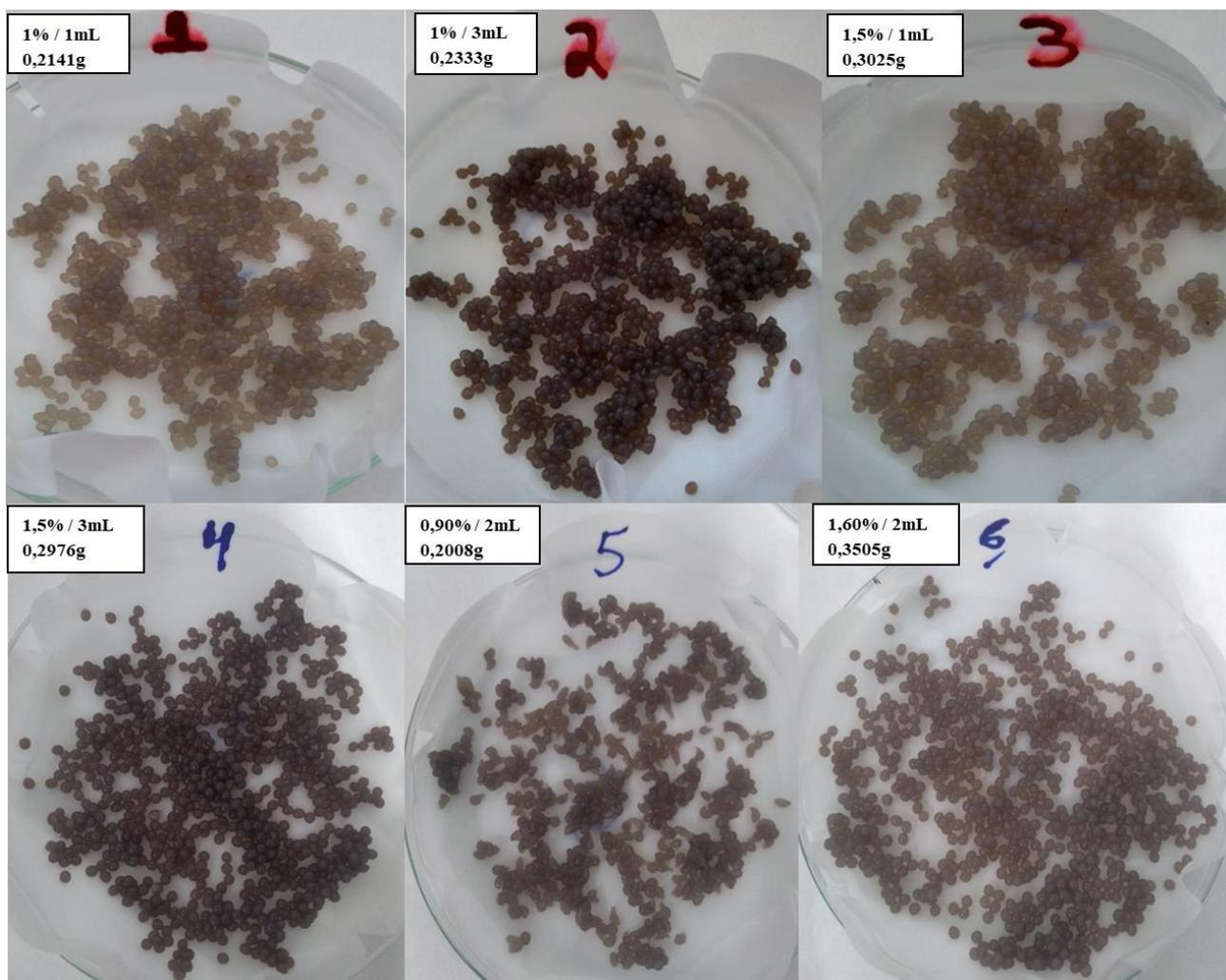


Figura A.1. Aspecto visual das microcápsulas úmidas (1-6)

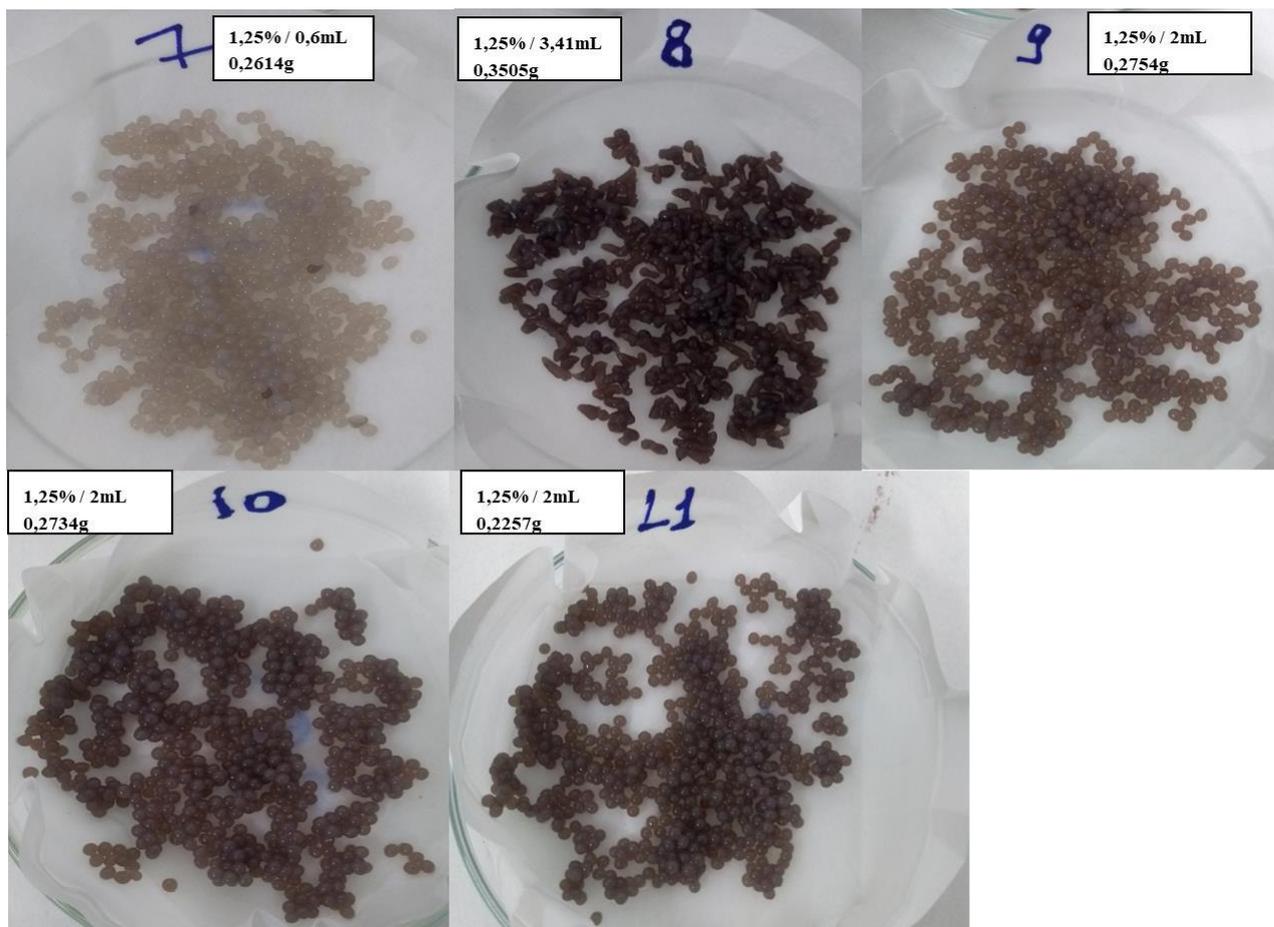


Figura A.2. Aspecto visual das microcápsulas úmidas (7-11)