

Universidade Federal De Pelotas
Faculdade De Agronomia “Eliseu Maciel”
Departamento De Ciência e Tecnologia Agroindustrial
Programa De Pós-Graduação Em Ciência E Tecnologia De Alimentos



Tese

**Amido de batata-doce cultivar BRS Amélia modificado por fermentação:
Caracterização físico-química, teor de amilose, capacidade de expansão e
atividades biológicas**

Taiane Mota Camargo

Pelotas, Março de 2024

TAIANE MOTA CAMARGO

**Amido de batata-doce cultivar BRS Amélia modificado por fermentação:
Caracterização físico-química, teor de amilose, capacidade de expansão e
atividades biológicas**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade
Federal de Pelotas como requisito a obtenção do título
de Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Comitê de orientação – Prof. Dr.^a Patrícia Diaz Silva
– Prof. Dr.^a Marcia Vizzotto

Pelotas, 2024

Universidade Federal de Pelotas / Sistema de
Bibliotecas Catalogação da Publicação

C172a Camargo, Taiane Mota

Amido de batata-doce cultivar BRS Amélia modificado por fermentação [recurso eletrônico] : caracterização físico-química, teor de amilose, capacidade de expansão e atividades biológicas / Taiane Mota Camargo ; Patricia Silva Diaz, Marcia Vizzotto, orientadoras. — Pelotas, 2024.
84 f. : il.

Tese (Doutorado) — Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, 2024.

1. Amido. 2. Fermentação. 3. Amilose. 4. Atividades biológicas. 5. Capacidade de expansão. I. Diaz, Patricia Silva, orient. II. Vizzotto, Marcia, orient. III. Título.

Elaborada por Ubirajara Buddin Cruz CRB:
10/901

Agradecimentos

À minha família por me fornecer, sempre, todo o suporte carinho e acalento.

Aos meus amigos por sempre compreenderem meus anseios, e aos meus colegas de laboratório por todo o apoio e auxílio.

Aos meus mestres e pesquisadores que me auxiliaram no desenvolvimento do trabalho. Agradeço pelo apoio, ensinamentos e inspiração.

*“Conheça todas as teorias, domine todas
as técnicas, mas ao tocar uma alma humana,
seja apenas outra alma humana.”*

Carl G. Jung

TAIANE MOTA CAMARGO

Amido de batata-doce cultivar BRS Amélia modificado por fermentação:
Caracterização físico-química, teor de amilose, capacidade de expansão e
atividades biológicas

Tese aprovada, como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor em
Ciência e Tecnologia de Alimentos, Programa de Pós-Graduação em
Ciência e Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel,
Universidade Federal de Pelotas.

Data da defesa: 27/03/2024

Banca examinadora:

-Prof^a. Dr^a Patrícia Silva Diaz (Orientador)

Doutora em Biotecnologia pela Universidade Federal de Pelotas.

-Prof^a. Dr^a Marjana Radünz

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal
de Pelotas.

-Prof^a. Dr^a Chirle de Oliveira Raphaelli

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Federal
de Pelotas.

Prof. Dr. Eliézer Ávila Gandra

Doutor em Ciência e Tecnologia Agroindustrial pela Universidade Federal
de Pelotas.

RESUMO

CAMARGO, Taiane Mota. **Amido de batata-doce cultivar BRS Amélia modificado por fermentação: Caracterização físico-química, teor de amilose, capacidade de expansão e atividades biológicas.** 2024. 84f. Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2024.

A batata-doce, cultivar BRS amélia é de fácil cultivo e capacidade de ser produzida durante o ano todo. O principal constituinte das raízes tuberosas é o amido. A modificação do amido por fermentação ocasiona características desejáveis ao amido, na formulação de produtos, incluindo a capacidade de expansão. O efeito do tempo de fermentação no amido da batata-doce cultivar BRS Amélia foi estudado. Foram realizadas fermentações nos tempos de 0, 20, 40 e 60 dias. Foram avaliados os parâmetros de pH, acidez titulável, e sólidos solúveis, propriedade de expansão, teor de amilose e atividades biológicas. Houve diminuição do pH no decorrer da fermentação, enquanto a acidez aumentou, como esperado. Os sólidos solúveis tiveram um decréscimo, o que mostra que os mesmos foram sendo consumidos durante a fermentação. Os amidos obtidos após a secagem também tiveram o comportamento esperado, com diminuição de pH e sólidos solúveis, e aumento de acidez. Houve decréscimo da concentração de amilose conforme o tempo de fermentação, sendo a menor concentração aos 60 dias. Foram desenvolvidos pães de queijo para avaliar a capacidade de expansão. Os pães de queijo com maior capacidade de expansão foram os desenvolvidos com os amidos fermentados por 60 dias. Todos os amidos apresentaram atividade antioxidante, frente aos radicais 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), óxido nítrico e hidroxila, com destaque para as atividades frente ao radical óxido nítrico. Com exceção do amido nativo, todos os amidos apresentaram atividade anti-inflamatória. Na atividade antimicrobiana, o AN (não fermentado) apresentou o maior halo de inibição para o microrganismo *Staphylococcus aureus*. Nenhum dos amidos apresentou atividade frente ao microrganismo *Escherichia Coli*. Dentre os amidos fermentados, o amido com 20 dias de fermentação apresentou o maior halo de inibição. Observou-se que os amidos foram capazes de ocasionar a morte bacteriana do micro-organismo *S. aureus*.

Palavras-chave: amido, fermentação, amilose; capacidade de expansão, atividades biológicas.

ABSTRACT

CAMARGO, Taiane Mota. **Starch from sweet potato cultivar BRS Amélia modified by fermentation: Physical-chemical characterization, amylose content, expansion capacity and biological activities**. 2024. 84f. Doctorate in Food Science and Technology - Postgraduate Program in Food Science and Technology. Federal University of Pelotas, Pelotas, 2024.

The sweet potato, cultivar BRS amélia, is easy to grow and can be produced throughout the year. The main constituent of tuberous roots is starch. The modification of starch by fermentation causes desirable characteristics to the starch in product formulation, including expansion capacity. The effect of fermentation time on the starch of sweet potato cultivar BRS Amélia was studied. Fermentations were carried out at times of 0, 20, 40 and 60 days. The parameters of pH, titratable acidity, and soluble solids, expansion property, amylose content and biological activities were evaluated. There was a decrease in pH during fermentation, while acidity increased, as expected. Soluble solids decreased, which shows that they were being consumed during fermentation. The starches obtained after drying also had the expected behavior, with a decrease in pH and soluble solids, and an increase in acidity. There was a decrease in amylose concentration according to fermentation time, with the lowest concentration at 60 days. Cheese breads were developed to evaluate the expansion capacity. The cheese breads with the greatest expansion capacity were those developed with starches fermented for 60 days. All starches showed antioxidant activity against 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH), nitric oxide and hydroxyl radicals, with emphasis on activities against the nitric oxide radical. With the exception of native starch, all starches showed anti-inflammatory activity. In terms of antimicrobial activity, AN (non-fermented) presented the greatest inhibition zone for the microorganism *Staphylococcus aureus*. None of the starches showed activity against the *Escherichia Coli* microorganism. Among fermented starches, starch with 20 days of fermentation showed the greatest inhibition halo. It was observed that starches were capable of causing bacterial death of the microorganism *S. aureus*.

Keywords: starch, fermentation, amylose; expansion capacity, biological activity.

Lista de Figuras

Capítulo 1	19
Figura 1. Série histórica de produção de batata-doce no Brasil.....	19
Figura 2. Batata-doce com diferentes colorações de polpa e casca.....	21
Figura 3. Batata-doce cultivar BRS Amélia.....	22
Figura 4. Estrutura química do amido. (a) amilose; (b) amilopectina.....	23
Capítulo 3	57
Figura 1. Aparencia dos pães de queijo após o corte transversal. (a) 0 dias; (b) 20 dias; (c) 40 dias; (d) 60 dias; e (e) polvilho comercial.....	75

Lista de Tabelas

Capítulo 2.....	38
Tabela 1. Composição nutricional da batata-doce em 100g do vegetal.....	40
Tabela 2. Concentração de vitaminas reportadas na literatura em 100g de batata-doce.....	41
Tabela 3. Faixa de concentração de minerais reportados na batata-doce em 100g do vegetal seco.....	42
Tabela 4. Faixa de concentração de compostos voláteis da batata-doce.....	43
Tabela 5. Faixa de concentração de carotenoides individuais em batata-doce.....	47
Tabela 6. Faixa de concentração de compostos fenólicos individuais em batata-doce.....	48
 Capítulo 3.....	 59
Tabela 1. Formulação dos pães de queijo.....	66
Tabela 2. Parâmetros de pH e acidez de amidos fermentados nos tempos de 0, 20, 40 e 60 dias, a cada 5 dias de fermentação.....	68
Tabela 3. Análises de pH, acidez titulável, e umidade de amidos de batata-doce BRS Amélia nos tempos de fermentação de 0, 20, 40 e 60 dias.....	69
Tabela 4. Atividade antioxidante frente aos radicais DPPH, OH e ON dos amidos fermentados por 0, 20, 40 e 60 dias.....	70
Tabela 5. Atividade anti-inflamatória dos amidos fermentados pelos tempos de 0, 20, 40 e 60 dias.....	71
Tabela 6. Análise de Disco-difusão do amido nativo (AN) amidos fermentados nos tempos de 20, 40 e 60 dias.....	72
Tabela 7. Análise de CIM e CBM do amido nativo (AN) amidos fermentados nos tempos de 20, 40 e 60 dias.....	72
Tabela 8. Teor de amilose dos amidos fermentados por 0 (amido nativo), 20, 40 e 60 dias.....	74
Tabela 9. Volume específico dos pães de queijo desenvolvidos com os amidos fermentados por 0, 20, 40 e 60 dias, bem como do desenvolvido com o polvilho azedo comercial.....	75

Sumário

1 Introdução	13
2 Objetivos.....	16
Objetivo Geral	16
Objetivos Específicos	16
4 Referências Bibliográficas.....	17
 Capítulo 1	 19
1 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
1.1 BATATA-DOCE CULTIVAR BRS AMÉLIA.....	19
1.2 Amido.....	23
1.2.1 Gelatinização e retrogradação do amido.....	25
1.3 Amidos modificados por fermentação.....	26
1.4 Fermentação e atividades biológicas.....	28
1.5 Referências Bibliográficas.....	31
 Capítulo 2	 38
Artigo 1 - Composição química e atividades biológicas de batata-doce (<i>Ipomoea batatas</i> L.): uma revisão.....	38
Resumo.....	38
1 Introdução.....	39
2 Composição Química.....	40
2.1 Composição Nutricional.....	40
2.2 Fitoquímicos.....	3
2.2.1 Compostos Voláteis.....	43
2.2.2 Carotenoides.....	47
2.2.3 Compostos fenólicos.....	47
3. Atividades biológicas.....	49
3.1 Potencial antioxidante.....	49
3.2 Potencial antihiperglicêmico.....	50
3.3 Potencial anticarcinogênico.....	51
3.4 Atividade anti-inflamatória.....	51
3.5 Atividade anti-envelhecimento.....	52
4 Conclusão.....	53
5 Agradecimentos.....	53
6 Referências.....	53
 Capítulo 3	 59
Artigo 2 - Amido de batata-doce cultivar BRS Amélia modificado por fermentação: Caracterização físico-química, composição química, propriedades térmicas, análise morfológica e propriedade de expansão	59
Resumo	59
1 Introdução	60
2 Material e métodos	62
2.1 Preparo da amostra.....	62
2.2 Fermentação e secagem.....	62

2.3	Caracterização dos amidos fermentados.....	62
2.3.1	Rendimento.....	62
2.3.2	Caracterização físico-química dos amidos fermentados.....	62
2.3.3	Atividades biológicas.....	62
2.3.3.1	Preparação do extrato.....	62
2.3.3.2	Atividade antioxidante e antiinflamatória dos amidos fermentados.....	63
2.3.3.2.1	Atividade sequestrante do radical 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH).....	63
2.3.3.2.2	Atividade sequestrante do radical hidroxila (OH).....	63
2.3.3.2.3	Atividade sequestrante do radical óxido nítrico (ON).....	63
2.3.3.2.4	Atividade anti-inflamatória.....	64
2.3.3.3	Atividade antimicrobiana.....	65
2.3.3.3.1	Reativação dos microrganismos.....	62
2.3.3.3.2	Análise de disco difusão.....	62
2.3.3.3.3	Análise de concentração inibitória mínima (CIM).....	63
2.3.3.3.4	Análise de concentração bactericida mínima (CBM).....	63
2.3.4	Determinação de amilose.....	63
2.3.5	Propriedade de expansão e corte transversal.....	65
2.4	Análise estatística.....	67
3	Resultados e discussão.....	68
3.1	Rendimento.....	68
3.2	Caracterização físico química dos amidos fermentados de batata-doce BRS Amélia.....	68
3.3	Atividades Biológicas.....	70
3.3.1	Atividade antioxidante e anti-inflamatória dos amidos fermentados.....	71
3.3.2	Análises antimicrobianas.....	72
3.4	Teor de amilose.....	73
3.5	Propriedade de Expansão.....	74
4	Conclusão	77
5	Referências Bibliográficas.....	78
	Relatório de Campo.....	83
	Considerações Finais.....	84

1 Introdução

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma raiz que se caracteriza por aspectos como rusticidade, facilidade de cultivo, ampla adaptação a diferentes tipos de clima e solo, tolerância à seca, capacidade de adaptação à condição marginal (diferentes climas), além de possuir baixo custo de produção (Brasil, 2014; Cardoso et al., 2005). Segundo a CIP (International Potato Center, 2018) a batata-doce encontra-se entre as culturas de maior importância do mundo. Possui uma produção anual superior a 105 milhões de toneladas, ocupando o sexto lugar em produção, sendo que 95% são produzidos em países em desenvolvimento. O Brasil é o maior produtor de batata-doce da América Latina (FAO, 2013).

A batata-doce possui altos níveis de compostos bioativos, como antocianinas e β -caroteno, que são descritos com propriedades antioxidantes (Bovell-benjamin, 2007). A variedade e concentração de nutrientes na polpa de batata-doce depende da sua cor, sendo que a batata-doce roxa apresenta altos níveis de compostos fenólicos, como antocianinas (Lim et al., 2013). Já as batatas doces alaranjadas, como por exemplo, a cultivar BRS Amélia, são uma excelente fonte de carotenóides responsáveis pelos pigmentos amarelos, laranjas e vermelhos das plantas e de alguns animais. O componente majoritário da massa seca das raízes tuberosas é o amido (Tanaka et al., 2012; Zhou et al., 2014).

Pela legislação brasileira, os polissacarídeos de reserva dos vegetais são designados amido ou fécula, se provenientes de partes aéreas ou subterrâneas das plantas, respectivamente (Brasil, 1978).

O amido é constituído de cadeias glicosídicas que formam a amilose e a amilopectina, representando o principal polissacarídeo de reserva energética das plantas e tubérculos, sendo que o amido de batata-doce apresenta ótima conversão energética e baixo índice glicêmico no organismo humano (Leonel et al., 2005; Abegunde et al., 2013; Zhou et al., 2014).

Considerando a alta produtividade e o alto teor de amido contido em batata-doce, surge a opção de utilizar o mesmo como ingrediente em várias formulações. O amido contribui grandemente para as propriedades de textura de muitos alimentos, e é amplamente utilizado em aplicações alimentares e industriais como um espessante, estabilizante coloidal, agente gelificante, agente de volume e agente de retenção de água. As propriedades físico-químicas e características funcionais dos sistemas de amido e sua singularidade em vários produtos alimentares variam com a origem

biológica do amido. Amidos de várias fontes vegetais, como trigo, milho, arroz e batata, receberam grande atenção em relação às propriedades estruturais e físico-químicas (Singh et al., 2007).

A fermentação de diversas matérias-primas pode produzir produtos alimentícios com diferentes propriedades físicas, químicas, sensoriais e funcionais é de grande interesse na indústria de alimentos. O amido é o produto de uma fonte vegetal rica em carboidratos, após extração, lavagem, purificação e secagem. Quando este produto passa por um processo fermentativo, que varia de acordo com as condições de tempo ou local, ou ainda ação de enzimas microbianas, ácidos orgânicos produzidos por microrganismos ou ação combinada de ambos, passa a ser chamado de amido fermentado (Cereda, 1983).

O amido fermentado é um amido modificado que se obtém da fermentação natural do amido após um período de 30 a 40 dias seguido da secagem ao sol. O mesmo apresenta propriedades físicas, químicas e propriedades funcionais com características diferentes do amido de origem, antes de fermentar. Uma dessas características é a sua capacidade de expansão, isto é, quando misturado adequadamente com outros ingredientes e colocado para assar, produz, por exemplo, o biscoito de polvilho, típico de alguns estados do Brasil, e conhecido por sua alta expansão e aeração. As propriedades dos amidos fermentados variam de acordo com a região em que é produzido, já que a microbiota resultante da fermentação é modificada pelas condições climáticas do local de fabricação. A qualificação do poder de expansão constitui um parâmetro importante para avaliar a qualidade do polvilho. Assim pode-se dizer que a capacidade de expansão do polvilho é influenciada pelo processo fermentativo (Cereda, 1983; Westby & Cereda, 1994; Pereira et al., 1999). Na legislação atual, não existe uma classificação para amidos fermentados.

A fermentação natural do amido ocorre sem inoculação e sem suplementações nutricionais, sendo que o amido é o único substrato empregado para esse processo tendo como produto final o amido fermentado (Cavallet et al., 2006). Estudos mostram que a fermentação natural que origina o amido fermentado ocorre, principalmente, devido à ação de bactérias ácido-láticas. A natureza do processo fermentativo, utilizado comercialmente, é ainda pouco conhecida e caracteriza-se por ser um processo rudimentar e empírico, em que a maioria dos produtores não utiliza inóculo para garantir ou acelerar a fermentação (Aditivos & Ingredientes, 2018). Além disso, por não haver controle e ser dependente substancialmente das condições climáticas,

há geração de um produto desuniforme, com problemas de contaminação e muitas vezes de péssimas características tecnológicas (Dias et al., 2007).

Além disso, quando o amido fermentado é seco ao sol, apresenta propriedade de expansão durante o cozimento ao forno, sem o uso de fermento, e não contém glúten, possibilitando ser empregado em formulações para produtos especiais como os destinados a portadores da doença celíaca (Pereira et al., 1999; de Sena Aquino et al., 2016).

Tendo em vista a alta produtividade da batata-doce, em especial da cultivar BRS Amélia, a grande quantidade de amido contido em variedades de batata-doce, e sua potencial aplicação em alimentos com diversos fins, o estudo terá como objetivo obter o amido de batata-doce da cultivar BRS Amélia fermentado nos tempos de 0, 20, 40 e 60 dias e avaliar o efeito do tempo de fermentação sobre as propriedades físico químicas, morfológicas, térmicas, a concentração de ácidos graxos polares e apolares, o teor de amilose, a capacidade de expansão de após aplicação em pães de queijo, bem como a aparência obtida através do corte transversal, além de determinar a atividade antioxidante, anti-inflamatória e antimicrobiana dos extratos obtidos destes amidos.

2 Objetivos

2.1 Objetivo geral

Obter amido de batata-doce fermentado da cultivar BRS Amélia em diferentes tempos de fermentação e avaliar o efeito deste tempo nas características, físico-químicas, teor de amilose, capacidade de expansão e atividades biológicas.

2.2 Objetivos específicos

- Extrair o amido de batata-doce das cultivares BRS Amélia;
- Proceder a fermentação do amido de batata-doce, da variedade BRS Amélia pelos tempos de 0 (amido nativo, sem fermentar), amido fermentado por 20 dias, amido fermentado por 40 dias e amido fermentado por 60 dias;
- Avaliar as modificações do pH, acidez titulável; sólidos solúveis a cada 5 dias no decorrer da fermentação;
- Caracterizar os amidos obtidos quanto aos atributos físico químicos, microbiológicos, analisar as propriedades térmicas, morfológicas, teor de amilose, e atividades biológicas;
- Definir a capacidade de expansão dos amidos fermentados ao serem aplicados em produtos de panificação, neste caso, em pão de queijo.

3 Referências Bibliográficas

- ABEGUNDE, O. K.; UM, T. H.; CHEN, J. W.; DENG, F. M.: Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. **Food Hydrocolloids**, n. 33, p. 169-177, 2013.
- BOVELL-BENJAMIN, A.C. Sweet potato: a review of its past, present, and future role in human nutrition. **Advances in food and nutrition research**, v.52, p.1-59, 2007.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156 p.
- BRASIL. Resolução CNNPA nº 12, 24 de julho de 1978. Aprova normas técnicas especiais relativas a alimentos (e bebidas), para efeito em todo território brasileiro. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 1978.
- CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; RAMOS, P. A. S.; MATSUMOTO, S. N.; AMARAL, C. L. F.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 911-914, 2005.
- CAVALLET, L. E.; FERREIRA, S. M. R.; LIMA, J. J. de; TULLIO, L. T.; QUADROS, D. A. de. Ocorrência do processo de fixação biológica de N₂ atmosférico na fermentação de fécula de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 26, n. 3, p. 522-526, 2006.
- CEREDA, M. P. Avaliação da Qualidade de Duas Amostras de Fécula Fermentada de Mandioca (Polvilho Azedo). **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, p. 305-320, 1983.
- DIAS, A. R. G., ELIAS, M.C., Oliveira, M., Helbig, E.. Oxidação dos amidos de mandioca e de milho comum fermentados: desenvolvimento da propriedade de expansão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 27(4), 2007.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS –FAO. **Production of commodity in selected country**. Rome: FAO, 2013. Disponível em: <faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>. Acesso em: 10 DE SETEMBRO DE 2018.
- INTERNATIONAL POTATO CENTER – CIP. Sweet potato facts and figures (2018). Disponível em: < <https://cipotato.org/crops/sweetpotato/sweetpotato-facts-and-figures/>>. Acesso em: 10 de setembro de 2018.
- LEONEL, et al. Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 1, p. 49-68, 2005.

PEREIRA, Joelma et al. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Food Science and Technology**, v. 19, p. 287-293, 1999.

POLVILHO AZEDO. **Aditivos & Ingredientes**. Disponível em: <http://aditivosingredientes.com.br/upload_arquivos/201604/2016040821618001460571267.pdf>. Acesso em 20 de setembro de 2018.

SENA AQUINO et al. Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina/Evaluation of the sour cassava starch productive processing on factories of Santa Catarina State. **Brazilian Journal of Food Technology**, 19, 1, 2016.

SINGH, J., KAUR, L., MCCARTHY, O. J. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications—A review. **Food Hydrocolloids**, 21(1), 1–22, 2007.

TANAKA, Takuji; SHNIMIZU, Masahito; MORIWAKI, Hisataka. Cancer chemoprevention by carotenoids. **Molecules**, v. 17, n. 3, p. 3202-3242, 2012.

WESTBY, A.; CEREDA, M. P. Production of Fermented Cassava Starch (Polvilho Azedo) in Brazil. **Tropical Science**, v. 34, n. 2, p. 203-210, 1994.

ZHOU, W.; YANG, J; HONG, Y.; LIU, G.; ZHENG, J.; GU, Z.; ZHANG, P.: Impact of amylose content on starch physicochemical properties in transgenic sweet potato. **Carbohydrate Polymers**, n. 122, p. 417-427, 2014.

Capítulo 1

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 BATATA-DOCE CULTIVAR BRS AMÉLIA

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), pertencente à família Convolvulaceae, é uma raiz que se com características importantes e marcantes da espécie como rusticidade, facilidade de cultivo, ampla adaptação a diferentes tipos de clima e solo, tolerância à seca, capacidade de adaptação à condição marginal (diferentes climas), além de possuir baixo custo de produção. A mesma é originária da América Central e do Sul, e abrange cerca de 1600 espécies (Cardoso et al., 2005; Silva et al., 2012; Brasil, 2014; Echodu et al., 2018).

O maior produtor de batata-doce, atualmente, é a China, país este responsável por 76% da produção anual do mundo, que é 105 milhões de toneladas. O Brasil possuía uma produção de cerca de 847 mil toneladas, no ano de 2022, conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, podendo-se observar um crescimento em sua produção no decorrer dos anos (Figura 1). O maior produtor do país é o estado do Rio Grande do Sul, sendo responsável por cerca de 31% da área total plantada. (Carvalho et al., 2013; Echodu et al., 2018; IBGE, 2023).

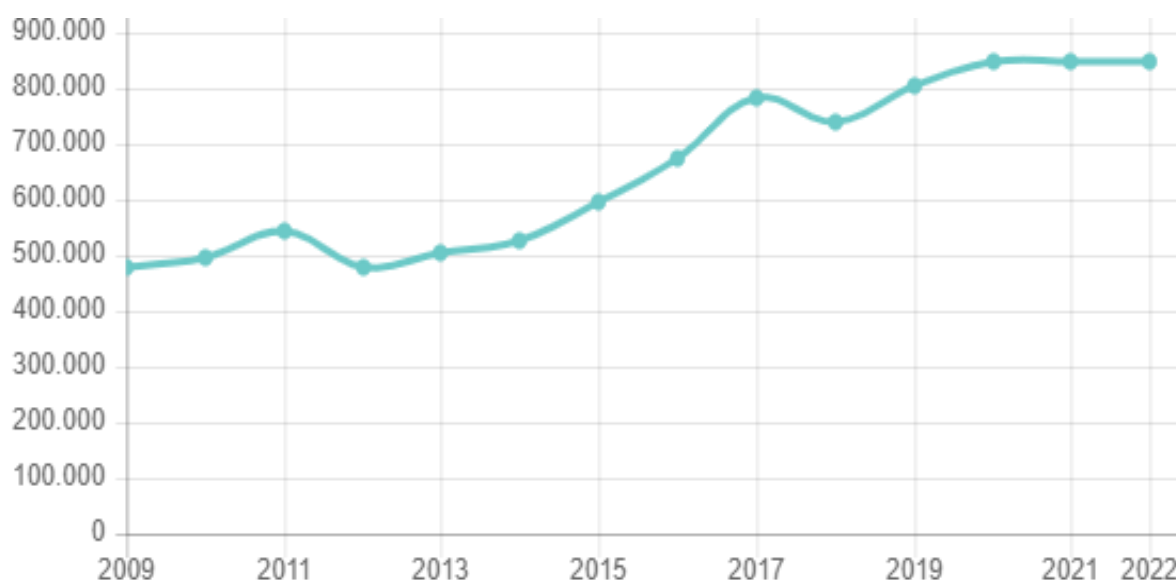


Figura 1. Série histórica de produção de batata-doce no Brasil.

FONTE: IBGE, 2023

Considerando sua promissora e crescente produção, a batata doce possui grande importância econômica, tanto para consumo *in natura*, quanto para

processamento e produção de biocombustíveis (Echodu, et al., 2018; Sousa, et al., 2020). Além disso, nos últimos anos , vários genótipos de batata-doce foram desenvolvidos, com diferentes cores de polpa e casca (Figura 2), e, conseqüentemente, diferentes composições químicas, o que vêm recebendo grande atenção, devido aos seus benefícios à saúde.

A batata-doce é considerada um alimento considerado chave para a erradicação de carências nutricionais, principalmente para os grupos populacionais com deficiência de consumo em calorias ou nutrientes, como crianças, mulheres em idade fértil e gestantes, inclusive pessoas esportistas, dada a sua elevada composição nutricional (Kehoe et al., 2015).

Alguns genótipos de batata-doce, principalmente os que possuem polpa de coloração roxa, são ricas em compostos fenólicos. Os mesmos desempenham importante papel biológico, tanto para a saúde como de defesa para a planta. Atuam como atrativos para polinizadores, contribuintes para a pigmentação de plantas, antioxidantes e agentes protetores contra a luz UV, entre outros. Estas propriedades fazem com que estes compostos tenham um papel importante no crescimento e reprodução das plantas, além de serem responsáveis por atividade antioxidante, anti-inflamatória, anti-envelhecimento, dentro outras atividades biológicas (Kim, et al., 2019; Pacheco, et al., 2019).

Já os genótipos que possuem coloração amarelada, são ricos em carotenoides, sendo alvo de diversos estudos que visam utilizá-la como suplemento no combate à deficiência de pró-vitamina A, que acomete principalmente crianças e mulheres grávidas, em países mais pobres, já que a mesma é responsável pela expressão gênica, crescimento, desenvolvimento, adaptação visual à escuridão e determinados aspectos do sistema imunológico (Hotz et al., 2012; Moura et al., 2013; Gurmu et al. 2014). Dentre os genótipos de batata-doce de coloração amarelada está a cultivar BRS Amélia.



Figura 2. Batata-doce com diferentes colorações de polpa e casca.

FONTE: DIAS, Anna Thais Gomes Maroni, 2017

A batata-doce cultivar BRS Amélia (Figura 3) foi lançada pela Embrapa Clima Temperado no ano de 2011, porém as pesquisas com esta cultivar iniciaram-se no ano de 1992. Entre os anos de 1997 e 2007 foram obtidas as raízes da planta possuindo maior homogeneidade e produtividade. A unidade da EMBRAPA caracterizou o germoplasma de batata-doce existente na Região Sul do Brasil, selecionou materiais com alto potencial genético e de cultivo e produziu as cultivares BRS Amélia, BRS Rubissol e BRS Cuia (Castro & Becker, 2011; Wolmann et al., 2021).

A mesma caracteriza-se por ter formato elíptico longo, sua casca possui coloração rosada e a polpa é alaranjada. Sua produtividade pode atingir 32 toneladas por hectare, sendo que sua colheita pode ser iniciada entre 120 a 140 dias após o plantio (Castro & Becker, 2011).

A cultivar BRS Amélia é rica em diversos compostos benéficos à saúde, dentre eles minerais como cálcio, fósforo, magnésio, dentre outros, com destaque para o potássio (356,75 mg/100g), além de ser uma fonte de pró-vitamina A. Além disso, é rica em amido (27,09%) e glicose (30,10%) (Castro & Becker, 2011; Berni et al., 2015; Vizzotto et al., 2017). A mesma é conhecida como uma cultivar de batata-doce biofortificada, rica em provitamina A, sendo fonte de proteínas e antocianinas e de energia, devido aos altos teores de amido e glucose, e amplamente utilizada como alimento funcional, aplicada no processamento de farinhas e em dietas desportistas e indivíduos com problemas na ingestão de alimentos ricos em açúcares (Embrapa, 2023).



Figura 3. Batata-doce cultivar BRS Amélia

Foto: Lanzetta, Paulo; 2014

1.2 Amido

O amido é considerado o principal polissacarídeo de reserva energética das plantas e tubérculos, e é classificado como um carboidrato formado por dois polímeros de glicose: a amilose (Figura 4-a) e a amilopectina (Figura 4-b). O mesmo possui uma estrutura extremamente complexa, sendo que as moléculas de amilopectina são altamente ramificadas, com elevado peso molecular, enquanto as moléculas de amilose são menos complexas, essencialmente lineares (Li et al., 2018; Maniglia et al., 2020).

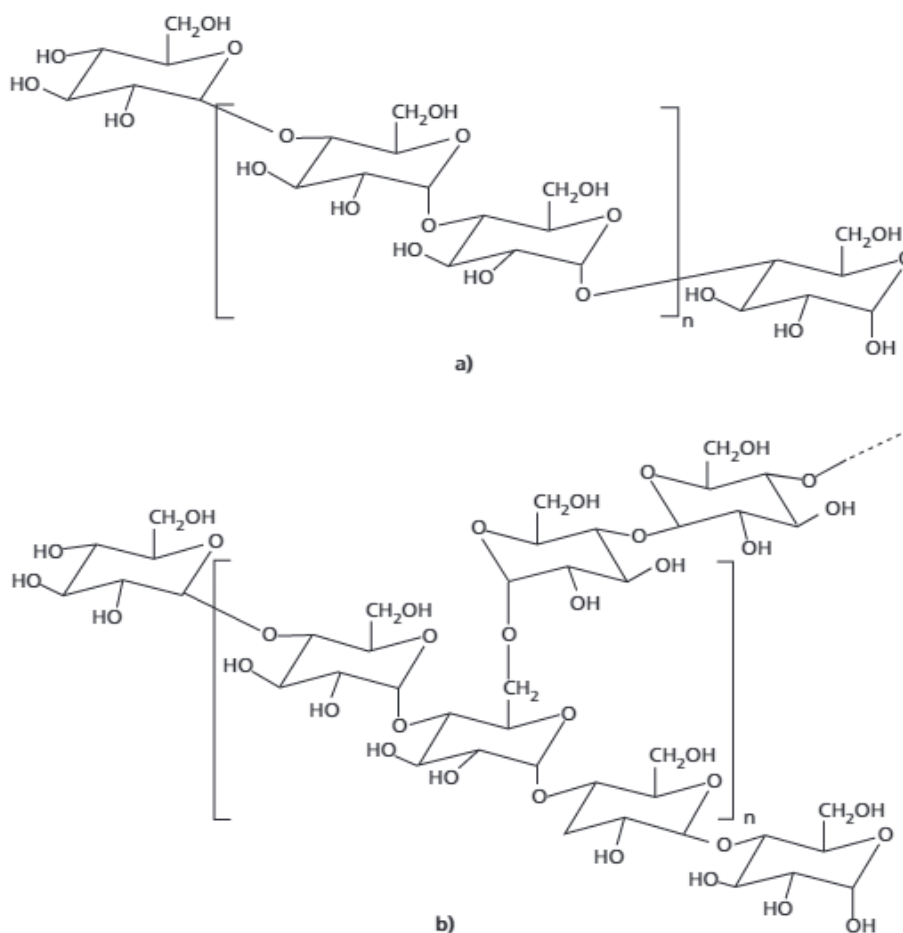


Figura 4. Estrutura química do amido. (a) amilose; (b) amilopectina

Fonte: Corradini et al., 2005.

A funcionalidade do amido se deve a estas duas macromoléculas que formam sua estrutura e a organização física das mesmas. A amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -(1 $\rightarrow$ 4), dando origem à uma cadeia linear; já a amilopectina é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas α -(1 $\rightarrow$ 4) e α -(1 $\rightarrow$ 6), originando uma estrutura ramificada (buleon et al., 1998; Pérez & Bertoft, 2010).

A presença de amilose em amidos está relacionada à viscosidade da pasta formada. Amidos de altos teores de amilose formam géis relativamente rígidos e elásticos, e os com baixos teores de amilose formam géis mais fracos e não elásticos (Zobel & Stephen, 1995; Cheetham & Tao, 1998; Gouvêa 2009). Em solução aquosa e após aquecimento, os grânulos intumescem, podendo romper-se em temperaturas próximas à temperatura de ebulição da água, formando um gel. Após resfriamento, as moléculas de amilose sofrem um processo lento de reorganização conhecido por retrogradação (Gouvêa, 2009).

Já a amilopectina é, tanto estruturalmente, como funcionalmente, a mais importante das duas frações, pois sozinha é suficiente para formar o grânulo, como ocorre em mutantes que são desprovidos de amilose (Oliveira, 2011).

Os grânulos de amido podem ter diferentes formas e tamanhos (esferas, elipsóides, polígonos, plaquetas e túbulos). Seus diâmetros variam de cerca de 0,1 a 200 μ m, sendo dependentes de sua origem botânica (Pérez & Bertoft, 2010).

O amido é considerado biodegradável, e em presença de água é capaz de formar géis, o que o torna um ingrediente atrativo para a indústria, podendo ser utilizado como ingrediente com amplas aplicações, em diferentes setores, incluindo os de alimentos, rações, papel, têxtil, indústrias químicas, petroquímicas, farmacêuticas, de bioetanol, materiais de construção e produtos biodegradáveis (Vanier et al., 2017; Maniglia et al., 2020).

1.2.1 Gelatinização e retrogradação do amido

Como já mencionado, o amido possui várias aplicações em diferentes ramos da indústria. Formado por unidades de glicose que compõem as frações de amilose e amilopectina, e por possuir diferentes proporções destas, o que está diretamente relacionado com a fonte de obtenção do amido. Amidos provenientes de diferentes fontes vegetais possuem características físico-químicas distintas e aplicações comerciais variadas que estão diretamente ligadas à relação da concentração de amilose/amilopectina, grau de cristalinidade, forma física, tipos de processamento (Martins; Gutkoski; Martins, 2018). Parte desta vasta aplicação se deve as propriedades de gelatinização e retrogradação do amido.

Quando aquecido, na presença de água, os grânulos de amido sofrem uma hidratação, sendo, então, transformados em pasta. Há uma fusão nos cristais do amido, que decorre da quebra da estrutura dos grânulos presentes. Há

desenrolamento das hélices duplas e quebra das ligações de hidrogênio. A todo este processo ocorrido, damos o nome de gelatinização do amido, sendo que este processo é acompanhado pela perda da birrefringência de grânulos intactos (Wang et al., 2015).

Quando aquecemos o amido em presença de água, e na sequência o esfriamos, as cadeias de amilose e amilopectina tendem a reassociar-se de forma gradual, resultando em uma estrutura ordenada diferente, processo conhecido como retrogradação do amido (Wang et al., 2015).

A retrogradação do amido tem como consequência algumas mudanças físicas, como aumento da viscosidade e grau de cristalinidade, da turbidez da pasta, formação de géis. O desenvolvimento em longo prazo de estrutura de gel e a cristalinidade do amido processado são os responsáveis pelo endurecimento de pães e bolos (Hoover et al., 2010; Fadda et al., 2014).

1.3 Amidos modificados por fermentação

A modificação de amidos é realizada para conferir funcionalidades que o amido nativo não possui. Estas funcionalidades são desejáveis em diversas preparações e possuem diferentes aplicações industriais. As modificações podem ser de origem química, física, enzimática ou uma combinação destes métodos de modificação (Oyeyinka et al., 2018; Oyeyinka et al., 2019).

A fermentação é um método amplamente utilizado para a modificação de amidos (Sena et al., 2016; Díaz, et al., 2018; Penido et al., 2018; OYeyinka et al., 2020). A fermentação de diversas matérias-primas para produzir produtos alimentícios com diferentes propriedades físicas, químicas, sensoriais e funcionais é de grande interesse para a indústria de alimentos. A fécula não-fermentada ou simplesmente amido (ou polvilho doce, no caso da mandioca), é o produto de uma fonte vegetal rica em carboidratos, após extração, lavagem, purificação e secagem (Cereda, 1983).

O amido fermentado é um amido modificado que se obtém da fermentação natural do amido após um período de 30 a 40 dias seguido da secagem ao sol. Este amido apresenta propriedades físicas, químicas e propriedades funcionais com características diferentes do amido de origem, antes de fermentar. Uma dessas características é a sua capacidade de expansão. Dentre os produtos conhecidos por possuir esta característica está o biscoito de polvilho, muito tradicional em diversas regiões do país. As propriedades são variáveis de acordo com a região em que é produzido, já que a microbiota resultante da fermentação varia de acordo com as condições climáticas do local de fabricação. A qualificação do poder de expansão constitui um parâmetro importante para avaliar a qualidade do polvilho. Assim pode-se dizer que a capacidade de expansão do polvilho é influenciada pelo processo fermentativo (Cereda, 1983; Westby & Cereda, 1994; Pereira et al., 1999).

A fermentação é dividida em três etapas, sendo que os gêneros de micro-organismos responsáveis por estabelecer as condições apropriadas pela primeira etapa da fermentação incluem: *Achromobacter*, *Escherichia*, *Pseudomonas*, *Alcaligenes*, *Bacillus* e *Clostridium*. Na segunda etapa, são os micro-organismos acidogênicos que exigem maiores condições nutritivas para o seu desenvolvimento. Finalmente, na terceira etapa, predominam os micro-organismos saprófitos e contaminantes, leveduras de várias espécies, que são responsáveis pela degradação de alguns produtos da fermentação. Os micro-organismos desta fase são do gênero *Bacillus* e alguns fermentativos. Há geração dos compostos que contribuem para o

aroma e gosto típico do amido fermentado. Três tipos de fermentação são identificados: lática, com a presença de micro-organismos do gênero *Lactobacillus*, *Leuconostoc* e *Pediococcus*; fermentação propiônica, em que o gênero *Propionibacterium* é encontrado; e, finalmente, a fermentação butírica, com presença do gênero *Clostridium* (Aditivos & Ingredientes, 2022).

Além do processo fermentativo, Plata-olviedo (1991) sugeriu que a reação de oxidação promovida pela ação de luz ultravioleta do sol sobre o amido fermentado de mandioca, durante a secagem seria um dos fenômenos responsáveis pelo desenvolvimento da propriedade de expansão. Este amido modificado possui temperatura de gelificação inferior ao amido de mandioca comum, o que explica a possibilidade de gelificação do amido pelo processo de escaldamento, que é realizado no processo de extração. O amido gelificado ajuda a reter CO₂ e expande a massa (Aditivos & Ingredientes, 2022). Vários estudos mostraram que o processo de fermentação altera o grânulo de amido, dando ao amido fermentado características peculiares, tais como o seu odor e sabor únicos, além das modificações reológicas (Carvalho et al., 1996; Pereira et al., 1999; Guyot & Morlon-guyot, 2001; Marcon et al., 2006).

Cadena et al. (2006) afirma que há uma relação inversa entre a propriedade de expansão do amido fermentado com o pH, a acidez e a degradação dos grânulos. O que é esperado já que ao longo do processo fermentativo as enzimas dos micro-organismos degradam a molécula de amido, liberando as moléculas de glicose susceptíveis a conversão por outros micro-organismos em ácido láctico e outros ácidos orgânicos secundários nesta fermentação, provocando uma redução do valor de pH e um aumento da acidez. Adicionalmente, a solubilidade do amido aumenta durante a fermentação, o tornando mais expansível.

Oyeyinka et al. (2019) estudou as propriedades físico-químicas do amido fermentado de mandioca e observou que os teores de amilose foram reduzidos nos amidos fermentados em comparação com os amidos não fermentados. Nos amidos fermentados foram observadas grânulos quebrados com fissuras ou microfuros e superfícies mais ásperas, além de reduzir significativamente o poder de inchamento do amido de mandioca. A fermentação aumentou significativamente as temperaturas de início, pico e conclusão de gelatinização dos amidos, bem como foi afetada as propriedades de pasta.

1.4 Fermentação e atividades biológicas

No amido, a fermentação predominante é a fermentação láctica. Nesta, bactérias ácido-láticas, que utilizam o amido como substrato para produzir ácido láctico. As bactérias ácido-láticas (BAL) são um grupo diversificado de bactérias gram-positivas que existem amplamente na natureza. Diversas cepas, especialmente dos gêneros *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* têm vários efeitos benéficos à nossa saúde (Feng et al., 2020)

As fermentações conduzidas por bactérias ácido lácticas (BAL) muitas vezes produzem subprodutos com bioatividade. Dentre os efeitos de promoção da saúde, estão a proteção contra agentes infecciosos, efeitos imunomoduladores, efeitos antialérgicos, efeitos anti-obesidade, atividades antioxidantes, ocasionam um aumento da biodisponibilidade de vitaminas/minerais, efeitos ansiolíticos, dentre outros efeitos benéficos ao nosso organismo (Parvez et al., 2006; Qian et al., 2011; Arqués et al., 2015; Drywien et al., 2015; Martinez, Bedani e Saad, 2015; Ejtahed et al., 2016; Hill et al., 2017; Linares et al., 2017).

As BAL são amplamente conhecidas por sua atividade antioxidante. Quando o corpo está em estado de estresse oxidativo, as espécies reativas de oxigênio (ERO'S) acumuladas causam reações em cadeia de radicais livres através de biomoléculas prejudiciais ao nosso organismo, causando danos. O estresse oxidativo é um dos principais contribuintes para numerosos distúrbios, como doenças cardiovasculares, inflamatórias, cerebrovasculares e degenerativas, bem como envelhecimento e câncer. Os animais jovens são facilmente expostos ao dano oxidativo porque não possuem um sistema antioxidante maduro no trato intestinal, levando a um desequilíbrio nos sistemas oxidativo e antioxidante, bem como ao aumento de radicais livres e malondialdeído (MDA) e à diminuição da capacidade das enzimas antioxidantes. Vários estudos demonstraram que os probióticos, como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, possuem excelente capacidade antioxidante para fornecer um certo grau de proteção contra o estresse oxidativo (Grajek et al., 2005; Song et al., 2009; Vasquez et al., 2019);

Rizello et al. (2017) isolou cepas de bactérias lácticas, para fermentar farinha de quinoa visando explorar o potencial antioxidante. Foram avaliadas as atividades frente aos radicais livres DPPH e ABTS. A fermentação da farinha de quinoa com um iniciador selecionado pode ser considerada adequada para novas aplicações como

ingrediente alimentar funcional, suplemento dietético ou preparação farmacêutica, já que demonstrou atividade antioxidante *in vitro*.

Wang et al. (2011), em seu estudo, utilizou farinha de amendoim, fermentando-a com cepas de bactérias lácticas. O efeito da fermentação nas atividades antioxidantes (atividade eliminadora de radicais DPPH, poder redutor e atividade quelante de Fe^{2+}) e compostos antioxidantes (ácidos fenólicos e flavonóides) foi investigado. O teor de ácidos fenólicos teve uma diminuição após a fermentação. Enquanto isso, uma bioconversão de rutina em quercetina foi observada após a fermentação. Houve uma boa correlação linear entre o valor IC_{50} da atividade de eliminação do DPPH ($R^2 = 0,8893$, $P < 0,05$) ou poder redutor ($R^2 = 0,8893$, $P < 0,05$) e a concentração de quercetina no PF. Estes resultados indicaram que a fermentação do ácido láctico pode ser um bom processo para obter PF funcional com alta atividade antioxidante.

Além da atividade antioxidante, as bactérias ácido lácticas desempenham um papel protetor no nosso organismo, no que diz respeito à proteção contra patógenos. A microbiota intestinal desempenha um papel essencial na digestão, metabolismo e função imunológica. Mudanças na diversidade e função deste ecossistema tem sido associada a uma série de doenças, incluindo distúrbios intestinais funcionais, doenças imunológicas inflamatórias, resistência à insulina e obesidade e doenças infecciosas como as causadas por *Clostridium difficile*, por exemplo. Probióticos, ou microrganismos vivos que, quando administrados em quantidades adequadas, conferem benefícios à saúde do hospedeiro, podem exercer efeito protetor no controle de patógenos. Diversos autores abordam esta atividade, atribuindo esta a produção de bacteriocinas, exclusão competitiva do patógenos, competição por nutrientes ou modulação do sistema imunológico (Hotel et al., 2001; Arqués, et al., 2015).

As BAL possuem atividade antagônica contra patógenos intestinais e alimentares é uma parte essencial das propriedades probióticas das BAL, e a atividade antimicrobiana é um atributo desejável na seleção de cepas. As BAL possuem propriedades antimicrobianas que têm como alvo fungos e diversas bactérias Gram-negativas e Gram-positivas, sendo essenciais para a fermentação, preservação e armazenamento de alimentos. As propriedades antimicrobianas das cepas BAL são mediadas pelas moléculas antimicrobianas produzidas por essas cepas. Estes antimicrobianos podem ser divididos em três grupos principais: (a) bacteriocinas peptídicas ou proteicas; (b) ácidos orgânicos (ácidos acético butírico e

ácido láctico); (c) outras moléculas pequenas, como por exemplo diacetil, peróxido de hidrogênio, acetaldeído, acetoína, reuterina e reuteriicina (Awaisheh & Ibrahim, 2009 Sieuwerts, Bron & Smid, 2018).

Sharma et al. (2018) relataram os efeitos inibitórios de diversas bacteriocinas produzidas por bactérias ácido lácticas contra uma ampla variedade de patógenos alimentares. A bacteriocina lactobacilina XH1 inibe a proliferação de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* e a plantaricina P1053 (produzida por *L. plantarum* PBS067) demonstra uma atividade antimicrobiana de amplo espectro contra bactérias, como *E. coli*, e o *S. aureus*. As bacteriocinas são antimicrobianos poderosos e promissores. As BAL produtoras de bacteriocina podem ser utilizados visando a segurança alimentar, já que possuem atividade contra estes patógenos (Sharma, et al., 2018).

Além destes, a fermentação láctica é capaz de produzir diversos ácidos orgânicos, que possuem atividade antimicrobiana. Dentre eles podemos citar o ácido láctico, ácido fórmico, ácido succínico, ácido málico, ácido propiônico, ácido acético e ácido butírico, estes produzidos pelos gêneros *Lactobacillus* e *Lactococcus*, dentre outros, sendo que os mesmos possuem atividade contra micro-organismos patogênicos (Ibrahim et al., 2021).

Diante do exposto, é vantajoso utilizar fermentados como fonte de benefícios ao nosso organismo, especialmente com atividade antioxidante e antimicrobiana.

1.5 Referências Bibliográficas

ARQUÉS, Juan L. et al. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria in dairy products and gut: effect on pathogens. **BioMed research international**, v. 2015, 2015.

AWAISHEH, Saddam S.; IBRAHIM, Salam A. Screening of antibacterial activity of lactic acid bacteria against different pathogens found in vacuum-packaged meat products. **Foodborne pathogens and disease**, v. 6, n. 9, p. 1125-1132, 2009.

BERNI, Paulo et al. Comparison of content and in vitro bioaccessibility of provitamin A carotenoids in home cooked and commercially processed orange fleshed sweet potato (*Ipomea batatas* Lam). **Plant foods for human nutrition**, v. 70, p. 1-8, 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. **Guia alimentar para a população brasileira**. 2. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2014. 156 p.

CADENA, M. P.; VILLARRAGA, E. C.; LUJÁN, D. E. Evaluacion de la agroindustria del almidon agrio de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) em Cordoba y Sucre. **Temas Agrarios**, v. 11, n. 1, p. 43-53, 2006.

CARDOSO, A. D.; VIANA, A. E. S.; RAMOS, P. A. S.; MATSUMOTO, S. N.; AMARAL, C. L. F.; SEDIYAMA, T.; MORAIS, O. M. Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da CONQUISTA. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 4, p. 911-914, 2005.

CARVALHO, E. P. Determinação da microbiota do polvilho azedo. 1994. 364f. Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, São Paulo.

CARVALHO, C. de; KIST, B. B.; POLL, H. Anuário brasileiro de hortaliças. **Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz**, 88p, 2013.

CASTRO, L. A. S & BECKER, A. Batata –doce: BRS Amélia. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2011.

CEREDA, M. P. Avaliação da Qualidade de Duas Amostras de Fécula Fermentada de Mandioca (Polvilho Azedo). **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, p. 305-320, 1983.

CHEETHAM, Norman WH; TAO, Leping. Amylose conformational transitions in binary DMSO/water mixtures. **Carbohydrate Polymers**, v. 35, n. 3-4, p. 287-295, 1998.

CORRADINI, Elisângela et al. Estudo comparativo de amidos termoplásticos derivados do milho com diferentes teores de amilose. **Polímeros**, v. 15, p. 268-273, 2005.

DE MOURA, Fabiana F.; MILOFF, Alexander; BOY, Erick. Retention of provitamin A carotenoids in staple crops targeted for biofortification in Africa: cassava, maize and sweet potato. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 55, n. 9, p. 1246-1269, 2015.

DÍAZ, A., DINI, C., VIÑA, S. Z., & GARCÍA, M. A. Technological properties of sour cassava starches: Effect of fermentation and drying processes. **Lwt**, v. 93, p. 116-123, 2018.

DRYWIEN, M. et al. Effect of probiotic and storage time of thiamine and riboflavin content in the milk drinks fermented by *Lactobacillus casei* KNE-1. **Roczniki Państwowego Zakładu Higieny**, v. 66, n. 4, 2015.

ECHODU, R., EDEMA, H., WOKORACH, G., ZAWEDDE, C., OTIM, Z., LUAMBANO, N., ATECA, EM, & ASIIMWE, T. Práticas dos agricultores e o seu conhecimento das restrições bióticas à produção de batata-doce na África Oriental. **Patologia Fisiológica e Molecular de Plantas**, 105, 3-16, 2018.

EJTAHED, H.-S. et al. Gut microbiota as a target in the pathogenesis of metabolic disorders: a new approach to novel therapeutic agents. **Hormone and metabolic research**, v. 48, n. 06, p. 349-358, 2016.

EMBRAPA. Batata-doce BRS Amélia: biofortificada, rica em pró-vitamina A. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/4343/batata-doce-brs-amelia-biofortificada-rica-em-pro-vitamina-a>. Acesso em novembro de 2023.

FADDA, Costantino et al. Bread staling: Updating the view. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, n. 4, p. 473-492, 2014.

FENG, Tao; WANG, Jing. Oxidative stress tolerance and antioxidant capacity of lactic acid bacteria as probiotic: a systematic review. **Gut microbes**, v. 12, n. 1, p. 1801944,

2020.

GOUVÊA, Miryan, R. Desenvolvimento e caracterização de sistemas viscoelásticos utilizando polissacarídeos e íons borato. 2009.

GURMU, Fekadu; HUSSEIN, Shimelis; LAING, Mark. The potential of orange-fleshed sweet potato to prevent vitamin A deficiency in Africa. **Int J Vitam Nutr Res**, v. 84, n. 1-2, p. 65-78, 2014.

GUYOT, J. P.; MORLON-GUYOT, J. Effect of different cultivation conditions on *Lactobacillus manihotivorans* OND 32T, an amylolytic lactobacillus isolated from sour starch cassava fermentation. **International Journal of Food Microbiology**, v.67, P.217-225. 2001.

GRAJEK, Włodzimierz; OLEJNIK, Anna; SIP, Anna. Probiotics, prebiotics and antioxidants as functional foods. **Acta Biochimica Polonica**, v. 52, n. 3, p. 665-671, 2005.

HILL, Daragh et al. Recent advances in microbial fermentation for dairy and health. **F1000Research**, v. 6, 2017.

HOOVER, R. et al. Composition, molecular structure, properties, and modification of pulse starches: A review. **Food research international**, v. 43, n. 2, p. 399-413, 2010.

HOTEL, Amerian Córdoba Park et al. Health and nutritional properties of probiotics in food including powder milk with live lactic acid bacteria. **Prevention**, v. 5, n. 1, p. 1-10, 2001.

HOTZ, Christine et al. Introduction of β -carotene-rich orange sweet potato in rural Uganda resulted in increased vitamin A intakes among children and women and improved vitamin A status among children. **The Journal of nutrition**, v. 142, n. 10, p. 1871-1880, 2012.

IBRAHIM, Salam A. et al. Lactic acid bacteria as antimicrobial agents: Food safety and microbial food spoilage prevention. **Foods**, v. 10, n. 12, p. 3131, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. PRODUÇÃO AGRÍCOLA. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pesquisa/14/10233?indicador=10235>. Acesso em

outubro de 2023.

KEHOE, Sarah H. et al. Effects of a food-based intervention on markers of micronutrient status among Indian women of low socio-economic status. *British Journal of Nutrition*, v. 113, n. 5, p. 813-821, 2015.

KIM, Hye Jin et al. Variations in the carotenoid and anthocyanin contents of Korean cultural varieties and home-processed sweet potatoes. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 41, p. 188-193, 2015.

LI, H., WEN, Y., WANG, J., & BAOGUO, S. *Relations between chain-length distribution, molecular size, and amylose content of rice starches*. **International Journal of Biological Macromolecules**, 2018.

LINARES, Daniel M. et al. Lactic acid bacteria and bifidobacteria with potential to design natural biofunctional health-promoting dairy foods. **Frontiers in microbiology**, v. 8, p. 846, 2017.

MANIGLIA, B. C., CASTANHA, N., LE-BAIL, P., LE-BAIL, A., & AUGUSTO, P. E. D. (2020). *Starch modification through environmentally friendly alternatives: a review*. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, p. 1–24, 2020.

MARCON, M. J. A.; VIEIRA, M. A.; SANTOS, K.; DE SIMAS, K. N.; AMBONI, R. D. M. C.; AMANTE, E. R. The effect of fermentation on cassava starch microstructure. **Journal of Food Process Engineering**, v. 29, p. 362-372, 2006.

MARTINEZ, Rafael Chacon Ruiz; BEDANI, Raquel; SAAD, Susana Marta Isay. Scientific evidence for health effects attributed to the consumption of probiotics and prebiotics: an update for current perspectives and future challenges. **British Journal of Nutrition**, v. 114, n. 12, p. 1993-2015, 2015.

MARTINS, Paola Chaves; GUTKOSKI, Luiz Carlos; MARTINS, Vilásia Guimarães. Impact of acid hydrolysis and esterification process in rice and potato starch properties. **International journal of biological macromolecules**, v. 120, p. 959-965, 2018.

OLIVEIRA, Daiana Cardoso de. Caracterização e potencial tecnológico de amidos de diferentes cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz). 2011. Dissertação

(Mestrado em Engenharia de Alimentos)- Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2011.

OYEYINKA, S. A., ADEGOKE, R., OYEYINKA, A. T., SALAMI, K. O., OLAGUNJU, O. F., KOLAWOLE, F. L., ... & BOLARINWA, I. F. Effect of annealing on the functionality of bambara groundnut (*Vigna subterranea*) starch–palmitic acid complex. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 53(2), p. 549-555, 2018.

OYEYINKA, S. A., ADELOYE, A. A., OLAOMO, O. O., & KAYITESI, E. Effect of fermentation time on physicochemical properties of starch extracted from cassava root. **Food Bioscience**, v. 33, p. 100485, 2019.

PACHECO, M. Teresa et al. Determination by HPLC-DAD-ESI/MSn of phenolic compounds in Andean tubers grown in Ecuador. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 84, p. 103258, 2019.

PARVEZ, Suhel et al. Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. **Journal of applied microbiology**, v. 100, n. 6, p. 1171-1185, 2006.

PLATA-OLVIEDO, M. S. V.; **Efeito do tratamento ácido nas propriedades físico-químicas e funcionais do amido de mandioca**. Tese (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 135 p 1991.

PENIDO, F. C. L., PILÓ, F. B., SANDES, S. H. D. C., NUNES, Á. C., COLEN, G., OLIVEIRA, E. D. S., ... & 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, J., CIACCO, C. F., VILELA, E. R., & TEIXEIRA, A. D. S. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 19(2), 287-293, 1999.

PÉREZ, S., & BERTOFT, E. (2010). The molecular structures of starch components and their contribution to the architecture of starch granules: A comprehensive review. **Starch - Stärke**, v. 62(8), p. 389–420, 2010

POLVILHO AZEDO. **ADITIVOS & INGREDIENTES**. Disponível em: https://aditivosingredientes.com/upload_arquivos/201604/2016040821618001460571267.pdf >. Acesso em 19 de junho de 2022.

QIAN, Bingjun et al. Antioxidant, antihypertensive, and immunomodulatory activities of peptide fractions from fermented skim milk with *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* LB340. **Journal of Dairy Research**, v. 78, n. 1, p. 72-79, 2011.

RIZZELLO, Carlo Giuseppe et al. Improving the antioxidant properties of quinoa flour through fermentation with selected autochthonous lactic acid bacteria. **International journal of food microbiology**, v. 241, p. 252-261, 2017.

SENA AQUINO, A. C. M., GERVIN, V. M., & AMANTE, E. R. Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina/Evaluation of the sour cassava starch productive processing on factories of Santa Catarina State. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, p. 1, 2016.

SHARMA, Garima et al. Antibacterial activity, cytotoxicity, and the mechanism of action of bacteriocin from *Bacillus subtilis* GAS101. **Medical Principles and Practice**, v. 27, n. 2, p. 186-192, 2018.

SIEUWERTS, Sander; BRON, Peter A.; SMID, Eddy J. Mutually stimulating interactions between lactic acid bacteria and *Saccharomyces cerevisiae* in sourdough fermentation. **Lwt**, v. 90, p. 201-206, 2018.

SONG, Peixia et al. Dietary grape-seed procyanidins decreased postweaning diarrhea by modulating intestinal permeability and suppressing oxidative stress in rats. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 59, n. 11, p. 6227-6232, 2011.

SOUSA, Rosinete Nogueira et al. SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE BATATA-DOCE *Ipomoea batatas* (L.) Lam. COM CARACTERÍSTICAS PARA CONSUMO DE MESA. **DESAFIOS-Revista Interdisciplinar da Universidade Federal do Tocantins**, v. 7, n. 2, p. 63-69, 2020.

VANIER, N. L., EL HALAL, S. L. M., DIAS, A. R. G., & DA ROSA ZAVAREZE, E. Molecular structure, functionality and applications of oxidized starches: A review. **Food Chemistry**, 221, 1546–1559, 2017.

VASQUEZ, Elisardo C. et al. Probiotics as beneficial dietary supplements to prevent and treat cardiovascular diseases: uncovering their impact on oxidative stress. **Oxidative medicine and cellular longevity**, v. 2019, 2019.

VIZZOTTO, Márcia et al. Composição mineral em genótipos de batata-doce de polpas coloridas e adequação de consumo para grupos de risco. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, 2017.

WANG, NAI-FU et al. Antioxidant activity of peanut flour fermented with lactic acid bacteria. **Journal of Food Biochemistry**, v. 35, n. 5, p. 1514-1521, 2011.

WANG, Shujun et al. Starch retrogradation: A comprehensive review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 14, n. 5, p. 568-585, 2015.

WESTBY, Andrew; CEREDA, Marney Pascoli. Production of fermented cassava starch (polvilho azedo) in Brazil. **Tropical science**, 1994.

ZOBEL, Henry F.; STEPHEN, A. M. Starch: structure, analysis, and application. **FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-NEW YORK-MARCEL DEKKER-**, p. 19-19, 1995.

Capítulo 2

Artigo 1

Composição química e atividades biológicas de batata-doce (*Ipomoea batatas* L.): uma revisão

Taiane Mota Camargo¹; Marjana Radünz¹; Chirle de Oliveira Raphaeli¹; Márcia Vizzotto²; Patrícia Silva Diaz³

¹ Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Avenida Eliseu Maciel, S/N, CEP 96160-000, Capão do Leão, RS, Brasil.

² Embrapa Clima Temperado, BR 392, KM 78, C. P. 403, CEP 96010-971, Pelotas-RS, Brasil.

³ Grupo de Pesquisa em Tecnologia de Bioprocessos – TecBio -CDTec - UFPel

* Corresponding authors. Tel.: +55 53 98413-9182

* E-mail address: taianemcamargo@gmail.com

Resumo

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é um vegetal pertencente à família Convolvulaceae que se destaca por sua facilidade de cultivo, bem como seu ciclo curto de produção, possuindo grande importância nutricional em muitas regiões do mundo por ser uma excelente fonte de carboidratos de baixo custo. Além disso, a batata-doce é rica em diversos componentes importantes na dieta humana, como vitaminas, minerais, bem como compostos fitoquímicos, já conhecidos por sua atividade biológica e prevenção de diversas doenças. Assim, o estudo possui como objetivo fazer uma revisão acerca da batata-doce, destacando sua composição química e atividades benéficas à saúde.

1. Introdução

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.), pertence à família Convolvulaceae, é uma raiz que se caracteriza por aspectos como rusticidade, facilidade de cultivo, ampla adaptação a diferentes tipos de clima e solo, tolerância à seca, além de possuir baixo de produção, possuindo teores significativos de amido e sabor adocicado. Caracteriza-se como uma videira perene, com folhas de tamanho médio, possuindo período, do plantio até a colheita, de 90 a 120 dias, período este considerado curto (Cardoso et al., 2005; Mohanraj & Sivasankar, 2014).

A mesma possui altos níveis de compostos bioativos, como antocianinas e β -caroteno, que são descritos com propriedades antioxidantes. A variedade e concentração de nutrientes na polpa de batata-doce depende da sua cor, sendo que a batata-doce roxa apresenta altos níveis de compostos fenólicos, como antocianinas. Já as batatas doces alaranjadas, são uma excelente fonte de carotenóides responsáveis pelos pigmentos amarelos, laranjas e vermelhos das plantas e de alguns animais, (Bovell-Benjamin, 2007; Tanaka et al., 2012; Lim et al., 2013).

O componente majoritário da massa seca das raízes tuberosas da batata-doce é o amido, que é constituída de cadeias glicosídicas que formam a amilose e a amilopectina, representando o principal polissacarídeo de reserva energética das plantas e tubérculos, sendo que o amido da batata-doce apresenta ótima conversão energética e baixo índice glicêmico no organismo humano (Abegunde et al., 2013; Zhou et al., 2014).

Além disso, a batata-doce pode ser utilizada como ingrediente em várias formulações. O amido contribui grandemente para as propriedades de textura de muitos alimentos, e é amplamente utilizado em aplicações alimentares e industriais como um espessante, estabilizante coloidal, agente gelificante, agente de volume e agente de retenção de água. Da mesma forma, após passar por processos biológicos ou químicos, o amido adquire propriedades diferentes do amido de origem, o que é o caso do polvilho, por exemplo, uma matéria-prima importantíssima em diversos ramos industriais (Westby & Cereda, 1994; Pereira et al., 1999; Singh et al., 2007).

Os compostos bioativos vêm sendo alvo de diversos estudos nos últimos anos, devido aos seus efeitos benéficos ao organismo humano, principalmente quando os mesmos são obtidos na dieta. Assim, considerando a riqueza de composição da batata-doce, os inúmeros benefícios à saúde relatados em diversos estudos, além da versatilidade de forma de consumo da mesma, esta revisão tem como objetivo

fornecer informações acerca da composição química, atividades biológicas e aplicações industriais da batata-doce e seus componentes.

2. Composição Química

2.1 Composição Nutricional

A batata-doce pode participar do suprimento de calorias e energia, fornecendo 438 kJ em 100g de sua porção comestível, podendo produzir mais energia comestível do que cereais como trigo e arroz. Apesar disso, a batata-doce possui um baixo índice glicêmico, por possuir baixa digestibilidade do amido, sendo então recomendado o seu consumo por pessoas com síndrome metabólica, obesidade e diabetes tipo II, ao contrário de alguns outros alimentos ricos em carboidratos (Fetuga, et al., 2014; Sanoussi et al., 2016a).

Em 100g de batata-doce são encontrados cerca de 20.1 a 35.73g de carboidratos (Ellong et al., 2014; Mohanraj & Sivasankar, 2014). Mohanraj & Sivasankar (2014), em seu estudo, cita que a batata doce possui cerca de 20.1g de carboidratos, sendo que destes, 12.7g é composta por amido e cerca de 4.2g, de açúcares). A concentração de carboidratos pode variar de forma exponencial de acordo com a variedade utilizada (Ellong et al., 2014; Sanoussi et al., 2016a).

Também é relatada a presença de outros constituintes importantes, como as fibras alimentares, proteínas e lipídeos (Mohanraj & Sivasankar, 2014). Diferentes estudos são apresentados na Tabela 1, bem como a faixa de concentração destes componentes.

Tabela 1. Composição nutricional da batata-doce em 100g do vegetal.

Valor nutricional (100g)	Concentração (g)	Referencias
Carboidratos	14.46 - 38.92	Ellong et al., 2014; Mohanraj & Sivasankar, 2014
Fibras	1.81 – 5.4	Ellong et al., 2014; Sanoussi et al., 2016a
Lipídios	0.01 – 8.88	Ellong et al., 2014; Sanoussi et al., 2016a
Proteínas	1.20 – 4.19	Senanayake et al., 2013; Sanoussi et al., 2016a
Matéria Seca (%)	22.47 – 26.52	Mitra, 2012

Amido	7.68 – 14.17	Mitra, 2012
Açúcares totais	2.24 – 2.79	Mitra, 2012
Água	77.28	Truong et al., 2018

Outro constituinte importante da batata-doce são as vitaminas. As vitaminas são compostos orgânicos que possuem papel essencial no funcionamento fisiológico quando o mesmo se encontra em condições normais, podendo ser obtido na dieta. Na batata-doce é relatada a presença de vitaminas, como a vitaminas A, tiamina (vitamina B₁), riboflavina (vitamina B₂), niacina (vitamina B₃), ácido pantotênico (vitamina B₅), vitamina B₆, folato (vitamina B₉), vitamina C e vitamina E (Mohanraj & Sivasankar, 2014; Kennedy, 2016). A concentração de vitaminas relatadas na batata-doce são apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2. Concentração de vitaminas reportadas na literatura em 100g de batata-doce.

Vitamina	Concentração (mg/g)	Referências
Vitamina A	0.709	Mohanraj & Sivasankar, 2014
Tiamina (Vitamina B ₁)	0.078 – 0.1	Mohanraj & Sivasankar, 2014; Truong et al., 2018
Riboflavina (Vitamina B ₂)	0.061- 0.1	Mohanraj & Sivasankar, 2014; Truong et al., 2018
Niacina (Vitamina B ₃)	0.557 – 0.61	Mohanraj & Sivasankar, 2014; Truong et al., 2018
Ácido pantotênico (Vitamina B ₅)	0.8	Mohanraj & Sivasankar, 2014
Vitamina B ₆	0.2	Mohanraj & Sivasankar, 2014
Folato (Vitamina B ₉)	0.00011	Mohanraj & Sivasankar, 2014
Vitamina C	2.4 – 5.73	Mohanraj & Sivasankar, 2014; Alam et al., 2020
Vitamina E (α-tocoferol)	0.2	Mohanraj & Sivasankar, 2014
Vitamina K	0.018	Truong et al., 2018

A batata-doce também é rica em minerais. Os mesmos são de grande importância na execução de diversas funções químicas do corpo, tais como o funcionamento dos músculos, nervos, manutenção de fluídos corporais, fortificação óssea, bem como o bom funcionamento do coração, e podem ser obtidos na dieta. A batata-doce é rica em diversos minerais essenciais para o corpo humano, e possui

baixas concentrações de minerais tóxicos, como reportado na literatura. A Tabela 3 apresenta os minerais encontrados na batata-doce.

Tabela 3. Faixa de concentração de minerais reportados na batata-doce em 100g do vegetal seco.

Minerais	Concentração (mg/100g)	Referências
<i>Macrominerais</i>		
Cálcio (Ca)	21.98– 78.91	Luis, et al., 2013; Mohanraj & Sivasankar, 2014; Alam et al., 2020.
Potássio (K)	310.04 - 381	Mohanraj & Sivasankar, 2014; Dos Santos et al., 2019; Alam et al., 2020.
Magnésio (Mg)	21.28 – 70.62	Luis, et al., 2013; Mohanraj & Sivasankar, 2014; Alam et al., 2020.
Sódio (Na)	34.33 - 55	Mohanraj & Sivasankar, 2014; Sanoussi et al. 2016b
<i>Microminerais</i>		
Zinco (Zn)	0.30 - 4.25	Mohanraj & Sivasankar, 2014; Sanoussi et al. 2016b; Alam et al., 2020.
Ferro (Fe)	0.53 – 1.40	Sanoussi et al. 2016b; Alam et al., 2020.
Fósforo (P)	41.98 – 62.20	Mohanraj & Sivasankar, 2014; Dos Santos et al., 2019; Alam et al., 2020.
Cobre (Cu)	0.1156 - 0.67	Luis et al., 2013; Dos Santos et al., 2019; Alam et al., 2020.
Manganês (Mn)	0.2713 - 1.15	Luis et al., 2013; Dos Santos et al., 2019
Cromo (Cr)	0.0022 – 0.0034	Luis et al., 2013
Níquel (Ni)	0.0030 – 0.0056	Luis et al., 2013
<i>Metais tóxicos</i>		
Cádmio (Cd)	1×10^{-5} - 4×10^{-5}	Luis, et al., 2013
Chumbo (Pb)	2×10^{-5} – 5×10^{-5}	Luis, et al., 2013

Diversos fatores podem afetar a concentração de vitaminas e minerais em batata-doce. O cozimento e a fritura fazem com que haja perdas significativas de vitamina C. Já em relação aos minerais, pode-se observar que estes processamentos

ocasionam uma maior retenção de alguns minerais. A fritura ocasiona uma maior retenção dos minerais zinco, magnésio, sódio e cálcio. Já a fervura ocasiona maior retenção de ferro e cobre (Ikanone & Oyekan, 2014).

2.2 Fitoquímicos

2.2.1 Compostos Voláteis

Os compostos voláteis são responsáveis principalmente pelo aroma em frutas e vegetais, possuindo grande importância econômica, já que afetam a aceitabilidade dos produtos. Nakamura et al. (2013) avaliou compostos extraídos por hidrodestilação de três diferentes cultivares de batata-doce encontrando compostos comuns às três variedades: henilacetaldeído, α -terpineol, mirtenol, (E)-pmenth-2-en-7-ol, cuminol, p-vinilguaiaicol, (E)- β -damascenona, (E)-isoeugenol, ácido dodecanóico, ácido hexadecanóico e fitol. A tabela a seguir mostra os compostos voláteis reportados na literatura de cultivares de batata-doce.

Tabela 4. Faixa de concentração de compostos voláteis da batata-doce.

Compostos voláteis	Área do pico (%)	Referências
2-metil butanal	36.04	Hou et al. (2018)
Maltol	2.1 – 14.17	Nakamura et al. (2013); Hou et al. (2020)
Acetato de etila	0.1 – 1.0	Nakamura et al. (2013)
Furfural	1.0 – 3.57	Nakamura et al. (2013); Hou et al. (2018)
2-furanometanol	0.72 – 32,98	Nakamura et al. (2013); Hou et al. (2018); Hou et al. (2020)
2-metil-2-furanometanol	0.40	Hou et al. (2018)
Hexanol	0.3	Nakamura et al. (2013)
Metional	0.2	Nakamura et al. (2013)
5-metil-2-furfural	0.1	Nakamura et al. (2013)
Desidro-1,8-cineol	0.1	Nakamura et al. (2013)
Fenilacetaldeído	2.5 – 10.2	Nakamura et al. (2013)
Guaiacol	0.1 - 3.9	Nakamura et al. (2013)
Linalol	0.5	Nakamura et al. (2013)

Álcool fenetílico	0.1	Nakamura et al. (2013)
Óxido de Nerol	0.1	Nakamura et al. (2013)
Pinocarvona	0.1	Nakamura et al. (2013)
(Z)-sabinol	0.2	Nakamura et al. (2013)
<i>p</i> -cimen-8-ol	0.3	Nakamura et al. (2013)
α -terpineol	0.1 – 1.6	Nakamura et al. (2013)
Mirtenol	0.4 – 1.4	Nakamura et al. (2013)
(E)- <i>p</i> -ment-2-em-7-ol	1.0 – 3.9	Nakamura et al. (2013)
Citronelol	0.7	Nakamura et al. (2013)
Nerol	0.4 – 0.8	Nakamura et al. (2013)
Cuminal	0.1 – 1.3	Nakamura et al. (2013)
Geraniol	0.5	Nakamura et al. (2013)
2-undecanona	0.2	Nakamura et al. (2013)
Cuminol	0.2 – 0.7	Nakamura et al. (2013)
Álcool perfílico	0.3 – 0.6	Nakamura et al. (2013)
P-vinilguaiaicol	1.8 – 3.8	Nakamura et al. (2013)
α -cubebeno	0.3	Nakamura et al. (2013)
Ciclosatino	1.5	Nakamura et al. (2013)
2-etil-3-hidroxi-hexil-2-metilpropanoato	0.1	Nakamura et al. (2013)
α -copaeno	0.2	Nakamura et al. (2013)
(E)- β -damascenona	0.1 – 0.2	Nakamura et al. (2013)
β -elemeno	0.1	Nakamura et al. (2013)
<i>A/o</i> -aromadendreno	0.1 – 0.2	Nakamura et al. (2013)
Cipereno	0.3 – 1.1	Nakamura et al. (2013)
Vanilina	0.8	Nakamura et al. (2013)
β -cubebeno	0.1 – 0.2	Nakamura et al. (2013)

γ -elemeno	0.1	Nakamura et al. (2013)
α -guaieno	0.1	Nakamura et al. (2013)
Viridifloreno	0.1	Nakamura et al. (2013)
(E)-isoeugenol	1.3 – 2.8	Nakamura et al. (2013)
Dodecanol	1.0	Nakamura et al. (2013)
Cyclododecano	1.1	Nakamura et al. (2013)
γ -cadineno	0.3	Nakamura et al. (2013)
Curzereno	0.2	Nakamura et al. (2013)
α -muroleno	0.3	Nakamura et al. (2013)
α -selineno	0.2	Nakamura et al. (2013)
Cadina-1,4-dieno	0.6 -1.2	Nakamura et al. (2013)
α -gurjuneno	0.6	Nakamura et al. (2013)
Δ -cadineno	0.1	Nakamura et al. (2013)
Diidroactindiolida	0.2	Nakamura et al. (2013)
Ácido Dodecanoico	0.1 – 0.8	Nakamura et al. (2013)
4-metil-1-(2.3.4.5-tetra-hidro-5-metil[2.3'-bifuran]-5-il)-2-pentanona	27.8	Nakamura et al. (2013)
Ácido tetradecanoico	0.1 – 0.5	Nakamura et al. (2013)
Octadecano	0.1 – 0.2	Nakamura et al. (2013)
Hexadecanol	0.7	Nakamura et al. (2013)
Ciclohexadecano	0.2 – 1.1	Nakamura et al. (2013)
Nonadecano	0.2	Nakamura et al. (2013)
Ácido Hexadecanoico	19.4 – 34.0	Nakamura et al. (2013)
Octadecanol	3.4	Nakamura et al. (2013)
Benzaldeído	7.24	Hou et al. (2018)
Benzenoacetaldeído	2.75 – 12.21	Hou et al. (2020)
Heneicosano	0.1	Nakamura et al. (2013)

Fitol	0.4 – 1.3	Nakamura et al. (2013)
Ácido Linoleico	15.6	Nakamura et al. (2013)
(Z)-2-etilhexil-metoxicinamato	0.1 – 0.4	Nakamura et al. (2013)
Ácido octadecanoico	1.4- 2.3	Nakamura et al. (2013)
Ácido oleico	14.4	Nakamura et al. (2013)
Tricosano	0.4	Nakamura et al. (2013)
(E)-2-etilhexil-metoxicinamato	0.4 – 0.6	Nakamura et al. (2013)
Pentacosano	1.2 – 2.2	Nakamura et al. (2013)
2-etilhexil hidrogenoftalato	0.1	Nakamura et al. (2013)
Heptacosano	0.8 – 1.4	Nakamura et al. (2013)
Esqualeno	0.5 – 0.6	Nakamura et al. (2013)
Nonacosano	0.4 – 0.6	Nakamura et al. (2013)
Metoxifenil oxima	6.76- 56.92	Hou et al. (2020)

2.2.2 Carotenoides

Os carotenoides são caracterizados como pigmentos naturais da classe dos terpenóides, amplamente encontrados em plantas e animais, contribuindo para a coloração vermelhas, laranjas e amarelas de frutas e vegetais. Os mesmos são classificados em dois grupos distintos, os com ou sem pró-vitamina A. Os carotenoides precursores de vitamina A, como β -caroteno, possuem atividade biológica e devem obrigatoriamente possuir um no mínimo um anel β -ionona e cadeia poliênica lateral com pelo menos 11 carbonos (Donado-Pestana et al., 2012; Mezzomo & Ferreira, 2016).

A batata-doce é rica em carotenoides, sendo alvo de diversos estudos que visam utilizá-la como suplemento no combate à deficiência de pró-vitamina A, que acomete principalmente crianças e mulheres grávidas, em países mais pobres, já que a mesma é responsável pela expressão gênica, crescimento, desenvolvimento, adaptação visual à escuridão e determinados aspectos do sistema imunológico (Hotz et al., 2012; De Moura et al., 2013; Gurmu et al. 2014; Islam et al., 2016). A tabela 5 mostra a variação de concentração de carotenoides individuais reportados na literatura em batata-doce.

Tabela 5. Faixa de concentração de carotenoides individuais em batata-doce.

Carotenoides	Concentração (µg/g)	Referências
Luteína	0.05 - 0.91	Kammona et al., 2015; Drapal & Fraser, 2019
Epóxido de luteína	0.57	Drapal & Fraser, 2019
Zeaxantina	5.44 – 20.47	Kammona et al., 2015
Violaxantina	1.10 – 1.60	Drapal & Fraser, 2019
Licopeno	0.415 – 3.11	Alam et al., 2020
α-caroteno	0.78 – 16.16	Kammona et al., 2015; Kourouma et al., 2019
β-caroteno	1.00 – 365.03	Grace et al., 2014; Kammona et al., 2015; Kourouma et al., 2019; Alam et al., 2020
Epóxido de β-caroteno	0.75 – 9.2	Drapal & Fraser, 2019
9Z- β-caroteno	7.4 – 11.5	Kim et al., 2015
13Z- β-caroteno	3.10 – 13.00	Kim et al., 2015
Al-trans- β-caroteno	0.33- 630	Kim et al., 2015; Drapal & Fraser, 2019
cis-β-caroteno	1.2 – 23.44	Islam et al., 2016; Drapal & Fraser, 2019
γ-caroteno	1.27 – 1.59	Pan et al., 2019
δ-caroteno	0.89 – 0.91	Pan et al., 2019
β-criptoxantina	0.11 – 21.2	Kim, et al., 2015; Drapal & Fraser, 2019; Alam et al., 2020
β-zeacaroteno	0.73 – 2.5	Drapal & Fraser, 2019
Fitoeno/fitoflueno	0.14 – 1.2	Drapal & Fraser, 2019
Carotenoides totais	3.2 - 665	Kim et al., 2015

2.2.3 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são compostos derivados do metabolismo especializado de plantas, sendo importantes determinantes na qualidade sensorial e nutricional dos alimentos de origem vegetal. Na planta desempenham funções, tais como fitoalexinas, atrativos para polinizadores, contribuintes para a pigmentação de plantas, antioxidantes e agentes protetores contra a luz UV, entre outros. Estas propriedades fazem com que estes compostos tenham um papel importante no crescimento e reprodução das plantas, proporcionando uma proteção eficiente contra patógenos e predadores, além de contribuir para as características sensoriais de frutas e vegetais (Balasundram et al., 2006; Naczki & Shahidi, 2006; Ignat et al., 2011).

Existem poucos estudos que explorem os compostos fenólicos presentes em batata-doce. Os compostos fenólicos individuais presentes na batata-doce são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Faixa de concentração de compostos fenólicos individuais em batata-doce.

Compostos fenólicos	Concentração (µg/g)	Referências
<i>Ácidos Fenólicos</i>		
Isômero de Ácido Cafeoilquinico	32.64	Pacheco et al., 2019
Ácido Hidroxibenzoico	0.52-14.36	Kim et al. 2019
Isômero de ácido Feruloilquinico	1.83	Pacheco et al., 2019
Ácido vanílico	0.84 - 4.82	Kim et al. 2019
Ácido Ferúlico	1.39 - 297.7	Pacheco et al., 2019; Sun et al., 2019
Ácido caféico	1.00-45.7	Kim et al., 2019; Sun et al., 2019
Ácido p-coumarico	0.39-20.80	Kim et al., 2019; Sun et al., 2019
Ácido salicílico	11.34 – 399.83	Kim et al., 2019
Derivado de ácido ferúlico	4.31	Pacheco et al., 2019
Isômero de Ácido dicafeoilquinico	6.67	Pacheco et al., 2019
Isômero de Ácido dicafeoilquinico	36.07	Pacheco et al., 2019
Ácido clorogênico	5.1 – 201.1	Kim et al., 2019; Sun et al., 2019
Ácido benzóico	123.7	Sun et al., 2019
Ácido siríngico	6.7 – 7.4	Sun et al., 2019
Isorhamnetina	8.1 - 21.3	Sun et al., 2019
Acildihexosídeo de isorhamnetina	28.46	Pacheco et al., 2019
<i>Flavonois</i>		
Quercetina 3-rutinosídeo	2.60	Pacheco et al., 2019
Isoquercetina	4.1 – 6.0	Sun et al., 2019
Kaempferol dihexosídeo	46.22	Pacheco et al., 2019
Catequina	21.5	Sun et al., 2019
Epicatequina	1.7 – 3.5	Sun et al., 2019
Kaempferol	12.84	Pacheco et al., 2019
Kaempferol 3-glucosídio	2.02	Pacheco et al., 2019
Kaempferol trihexosídio	0.18	Pacheco et al. 2019
Kaempferol-O-rhamnosídio	29.45	Pacheco et al., 2019
Rutinosídeo		
Rutina hidratada	103.5 – 333.8	Sun et al., 2019
Acildihexosídeo de isorhamnetina	28.46	Pacheco et al., 2019

Isorhamnetina-O-dirhamnosilhexosídeo	1.23	Pacheco et al., 2019
Isorhamnetina 3-rutinosídeo	0.14	Pacheco et al., 2019
<i>Antocianinas</i>		
Cianidina 3-dihexosidíó-5-hexose	13.08	Pacheco et al., 2019
Pelargonidina 3-dihexosidíó-5-hexosídeo	6.15	Pacheco et al., 2019
Cianidina 3-p-hidroxibenzoldihexosídeo-5-hexosídeo	4.18	Pacheco et al., 2019
Cianidina 3-dicafeoilhexosídeo-5-hexosídeo	3.91	Pacheco et al., 2019
Pelargonidina 3-p-hidroxibenzoldihexosídeo-5-hexosídeo	2.20	Pacheco et al., 2019
Pelargonidina 3-cafeoldihexosídeo-5-hexosídeo	2.17	Pacheco et al., 2019
Cianidina 3-feruloildihexosídeo-5-hexosídeo	3.32	Pacheco et al., 2019
Cianidina 3-dicafeoilhexosídeo-5-hexosídeo	44.78	Pacheco et al., 2019
Cianidina 3-p-hidroxibenzoldihexosídeo-5-hexosídeo	20.28	Pacheco et al., 2019
Pelargonidina 3-cafeoldihexosídeo-5-hexosídeo	30.84	Pacheco et al., 2019
Pelargonidina 3-p-hidroxibenzoldihexosídeo-5-hexosídeo	18.81	Pacheco et al., 2019
Pelargonidina 3-feruloildihexosídeo-5-hexosídeo	7.46	Pacheco et al., 2019

3. Atividades biológicas

3.1 Potencial antioxidante

O sistema de oxidação-redução, presente nos organismos vivos, mantém o equilíbrio entre os radicais livres gerados e o sistema antioxidante. Quando estes radicais são produzidos em excesso, é instalado no organismo o processo de estresse oxidativo, que é responsável por diversas alterações, incluindo as doenças crônicas

não-transmissíveis, degenerativas e a aceleração do processo de envelhecimento (Esatbeyoglu et al., 2017; Mandave et al., 2017).

Kim et al. (2019), avaliou a atividade antioxidante frente aos radicais DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil), FRAP (Ferric reducing ability of plasma) e ABTS (2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) de batata-doce antes e após o tratamento térmico, observando que as atividades antioxidantes eram mais elevadas em batata-doce de polpa roxa, e que a atividade antioxidante frente aos radicais DPPH e ABTS, de algumas variedades, eram aumentadas após tratamento térmico, observando, também, que as atividades antioxidantes mais elevadas estavam diretamente relacionadas com o teor de flavonoides, ácidos fenólicos e fenóis totais.

Sun et al. (2019) avaliaram as atividades antioxidantes pelo método ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) de diferentes variedades de batata-doce encontrando valores que variaram de 0.35 a 7.38 mmol TE/100g, observando uma correlação positiva entre a atividade antioxidante e a concentração de compostos fenólicos.

3.2 Potencial antihiperglicêmico

As enzimas alfa-glicosidase e alfa-amilase estão diretamente envolvidas no processo de digestão de carboidratos, podendo também afetar a homeostase do sangue (Esatbeyoglu et al., 2017).

Esatbeyoglu et al. (2017) avaliou a atividade de duas frações de batata-doce, uma rica em antocianinas, e outra rica em compostos fenólicos frente às enzimas alfa-amilase e alfa-glicosidase e demonstraram que houve uma inibição significativa destas enzimas, sendo esta inibição dependente da dose.

Jiang et al. (2020a) avaliou os efeitos hipoglicêmicos de compostos de antocianinas de batata-doce roxa (p-BAC-PSP) e compostos de antocianinas livres de batata-doce roxa (FAC-PSP) em camundongos diabéticos induzidos por dieta hiperlipídica/estreptozotocina. Os resultados mostraram que a administração de p-BAC-PSP e FAC-PSP melhorou a condição diabética, melhorando a tolerância à glicose e o metabolismo lipídico, e diminuindo o estresse oxidativo e danos hepáticos. Com o tratamento com p-BAC-PSP ou FAC-PSP, o transportador de glicose tipo 2, os níveis de proteína de glucoquinase e o receptor de insulina α melhoraram significativamente bem como houve uma boa regulação nos genes-chave da glicólise, fosfofrutoquinase e piruvato quinase em dois grupos de tratamento, enquanto os

genes gliconeogênicos, glicose-6-fosfatase e fosfoenolpiruvato carboxiquinase, foram regulados negativamente.

3.3 Potencial anticarcinogênico

Sun et al. (2019) realizou um teste de antiproliferação de extratos de batata-doce contra células HepGa2c (células estas detectadas em casos de cancer hepático) e os resultados provaram que os extratos de batata-doce tiveram efeito anticancerígeno em determinada concentração ($2,5 \times 10^4$), e sugeriram que deste modo, a batata-doce tem efeito anticarcinogênico.

Estudos com antocianinas extraídas de batata-doce tem ganhado muita atenção nos últimos anos, já que os mesmos mostram que as mesmas podem ter efeito sobre diversos tipos de câncer, incluindo o câncer de bexiga, câncer de colo, câncer no reto e câncer no estômago (Hagiwara et al., 2002; Hayashi et al., 2006; Lim et al., 2013; Li et al., 2018)

3.4 Atividade anti-inflamatória

Sun et al. (2020) avaliou um polissacarídeo solúvel em água isolado de raízes de batata-doce roxa, determinando os efeitos anti-inflamatórios *in vitro* e *in vivo* do polissacarídeo pelos macrófagos RAW264.7 inflammatórios, induzidos por lipopolissacarídeos (LPS) e em camundongos, respectivamente. O polissacarídeo pode efetivamente inibir a superprodução de óxido nítrico e citocinas pró-inflamatórias (TNF- α , IL-1 β , IL-6) e aumentou a secreção de citocina anti-inflamatória (IL-10), em ensaios *in vitro*. O ensaio anti-inflamatório *in vivo* revelou que os camundongos que consumiram o polissacarídeo apresentaram níveis mais altos de IL-10, SOD (superóxido dismutase) e T-AOC (antioxidantes totais), mas níveis mais baixos de TNF- α , IL-1 β , IL-6 em comparação com os tratados com LPS modelo. Além disso, camundongos que consumiram o polissacarídeo mostraram maior produção de ácidos graxos de cadeia curta pela microbiota intestinal nos camundongos inflammatórios induzidos por lipopolissacarídeos. Os resultados sugeriram que o polissacarídeo solúvel em água das raízes de batata-doce roxa poderia ser utilizado como um novo agente anti-inflamatório.

Jiang et al., (2020b) identificou os compostos de antocianinas predominantes em compostos de antocianinas livres de batata-doce roxa (FAC-PSP) e proteínas em compostos de antocianinas ligados a proteínas de batata-doce roxa (p-BAC-PSP),

utilizando-os em um ensaios. Os efeitos do pré-tratamento de células com p-BAC-PSP e FAC-PSP na viabilidade celular, mediadores inflamatórios, espécies reativas de oxigênio, citocinas e expressão gênica foram determinados em macrófagos RAW264.7 induzidos por LPS. Os resultados revelaram 17 grupos proteicos e polímeros pigmentados em p-BAC-PSP, e 3 antocianinas diferentes em FAC-PSP. O p-BAC-PSP reduziu significativamente ($p < 0,05$) a expressão de sintases de óxido nítrico induzíveis (iNOS) e fator de necrose tumoral- α (TNF- α) em células RAW264.7 estimuladas por LPS, suprimindo assim a liberação de NO e TNF - α . Além disso, p-BAC-PSP inibiu marcadamente o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS) induzidas por LPS via heme oxigenase-1 (HO-1) e fator 2 relacionado ao fator eritróide 2 (Nrf2). Análises posteriores revelaram que p-BAC-PSP suprimiu tanto a ativação induzida por LPS da quinase N-terminal de c-Jun (JNK), quanto a translocação nuclear da proteína ativadora-1 (AP-1), o que sugere que p-BAC-PSP de ocorrência natural na batata-doce possui potencial efeito anti-inflamatório, podendo ser utilizado na indústria como suplemente alimentar.

3.5 Atividade anti-envelhecimento

Han et al. (2021) investigou a atividade antienvelhecimento do extrato de batata-doce Roxa (PSPE) em machos de *Drosophila melanogaster*, uma espécie de mosca, explorando seu mecanismo subjacente. A longevidade induzida por PSPE foi associada a melhorias na capacidade de escalada e tolerância a compostos que causassem estresse, como o peróxido de hidrogênio (H_2O_2). Além disso, a suplementação de PSPE aumentou a atividade da superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT), bem como a expressão dos genes SOD e CAT. Houve uma diminuição no conteúdo de malondialdeído (MDA). Enquanto isso, o PSPE diminuiu a proliferação de células-tronco intestinais (ISCs) e melhorou a homeostase intestinal. Além disso, o PSPE inibiu marcadamente a expressão dos genes a montante AKT-1, PI3K e mTOR e elevou o gene a jusante 4E-BP, que ativou ainda mais a expressão de genes relacionados à autofagia (Atg1, Atg5, Atg8a e Atg8b). A produção de lisossomos aumentou, indicando que a via de autofagia foi ativada. Os resultados forneceram evidências diretas dos efeitos anti-idade do PSPE no nível do organismo, indicando que o PSPE poderia ser utilizado em produtos antienvelhecimento eficazes.

5. Conclusões

Através deste estudo pode-se recomendar o consume de batata-doce, visto que a mesma é rica em diversos compostos bioativos benéficos à saúde. Vários estudos comprovam que a batata-doce possui atividade antioxidante, antihiperglicemiante, anticarcinogênica, anti-inflamatória relacionando algumas destas atividades com a sua composição.

4. Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ pelo apoio financeiro e concessão de bolsas de estudos.

5. Referências Bibliográficas

- Abegunde, O. K., Mu, T.-H., Chen, J.-W., & Deng, F.-M. (2013). *Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. Food Hydrocolloids*, 33(2), 169–177. doi:10.1016/j.foodhyd.2013.03.005.
- Alam, M. K., Sams, S., Rana, Z. H., Akhtaruzzaman, M., & Islam, S. N. (2020). Minerals, vitamin C, and effect of thermal processing on carotenoids composition in nine varieties orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 103582. doi:10.1016/j.jfca.2020.103582.
- Balasundram, N., Sundram, K., & Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99, 191–203. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>.
- Bovell-Benjamin, A. C. (2007). *Sweet Potato: A Review of its Past, Present, and Future Role in Human Nutrition. Advances in Food and Nutrition Research*, 1–59. doi:10.1016/s1043-4526(06)52001-7.
- Cardoso, A. D., Viana, A. E. S., Ramos, P. A. S., Matsumoto, S. N., Amaral, C. L. F., Sedyama, T., & Moraes, O. M. (2005). Avaliação de clones de batata-doce em Vitória da Conquista. *Horticultura Brasileira*, 23(4), 911-914. doi:10.1590/S0102-05362005000400009.

- Drapal, M., & Fraser, P. D. (2019). *Determination of carotenoids in sweet potato (Ipomoea batatas L., Lam) tubers: Implications for accurate provitamin A determination in staple sturdy tuber crops. Phytochemistry, 167, 112102.* doi:10.1016/j.phytochem.2019.1121.
- De Moura, F. F., Miloff, A., & Boy, E. (2013). Retention of Provitamin A Carotenoids in Staple Crops Targeted for Biofortification in Africa: Cassava, Maize and Sweet Potato. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 55*(9), 1246–1269. doi:10.1080/10408398.2012.724477
- Donado-Pestana, C. M., Salgado, J. M., de Oliveira Rios, A., dos Santos, P. R., & Jablonski, A. (2012). Stability of carotenoids, total phenolics and in vitro antioxidant capacity in the thermal processing of orange-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* Lam.) cultivars grown in Brazil. *Plant foods for human nutrition, 67*(3), 262-270.
- Dos Santos, A. M. P., Lima, J. S., dos Santos, I. F., Silva, E. F. R., de Santana, F. A., de Araujo, D. G. G. R., & dos Santos, L. O. (2017). *Mineral and centesimal composition evaluation of conventional and organic cultivars sweet potato (Ipomoea batatas (L.) Lam) using chemometric tools. Food Chemistry.* doi:10.1016/j.foodchem.2017.12.063
- Ellong, E. N., Billard, C., & Adenet, S. (2014). Comparison of Physicochemical, Organoleptic and Nutritional Abilities of Eight Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) Varieties. *Food and Nutrition Sciences, 05*(02), 196–311. doi:10.4236/fns.2014.52025.
- Esatbeyoglu, T., Rodríguez-Werner, M., Schlösser, A., Winterhalter, P., & Rimbach, G. (2017). Fractionation, enzyme inhibitory and cellular antioxidant activity of bioactives from purple sweet potato (*Ipomoea batatas*). *Food Chemistry, 221*, 447–456. doi:10.1016/j.foodchem.2016.10.077.
- Fetuga, G., Tomlins, K., Henshaw, F., & Idowu, M. (2014). Effect of variety and processing method on functional properties of traditional sweet potato flour (“elubo”) and sensory acceptability of cooked paste (“amala”). *Food Science & Nutrition, 2*(6), 682–691. doi:10.1002/fsn3.161.
- Grace, M. H., Yousef, G. G., Gustafson, S. J., Truong, V.-D., Yencho, G. C., & Lila, M. A. (2014). *Phytochemical changes in phenolics, anthocyanins, ascorbic acid, and carotenoids associated with sweetpotato storage and impacts on bioactive properties. Food Chemistry, 145, 717–724.* doi:10.1016/j.foodchem.2013.08.10.
- Gurmu, F., Hussein, S., & Laing, M. (2014). The potential of orange-fleshed sweet potato to prevent vitamin A deficiency in Africa. *Int J Vitam Nutr Res, 84*(1-2), 65-78.

- Hagiwara, A., Yoshino, H., Ichihara, T., Kawabe, M., Tamano, S., Aoki, H., ... & Shirai, T. (2002). Prevention by natural food anthocyanins, purple sweet potato color and red cabbage color, of 2-amino-1-methyl-6-phenylimidazo [4, 5-B] pyridine (phip)-associated colorectal carcinogenesis in rats. *The Journal of toxicological sciences*, 27(1), 57-68.
- Han, Y., Guo, Y., Cui, S. W., Li, H., Shan, Y., & Wang, H. (2021). *Purple Sweet Potato Extract extends lifespan by activating autophagy pathway in male Drosophila melanogaster*. *Experimental Gerontology*, 144, 111190. doi:10.1016/j.exger.2020.111190
- Hotz, C., Loechl, C., Lubowa, A., Tumwine, J. K., Ndeezi, G., Nandutu Masawi, A., ... Gilligan, D. O. (2012). *Introduction of β -Carotene-Rich Orange Sweet Potato in Rural Uganda Resulted in Increased Vitamin A Intakes among Children and Women and Improved Vitamin A Status among Children*. *The Journal of Nutrition*, 142(10), 1871–1880. doi:10.3945/jn.111.151829.
- Ignat, I., Volf, I., & Popa, V. I. (2011). A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 126(4), 1821–1835. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.026>.
- Ikanone, C. E. O., & Oyekan, P. O. (2014). Effect of Boiling and Frying on the Total Carbohydrate, Vitamin C and Mineral Contents of Irish (*Solanum tuberosum*) and Sweet (*Ipomea batatas*) Potato Tubers. *Nigerian Food Journal*, 32(2), 33–39. doi:10.1016/s0189-7241(15)30115-6.
- Islam, S. N., Nusrat, T., Begum, P., & Ahsan, M. (2016). *Carotenoids and β -carotene in orange fleshed sweet potato: A possible solution to vitamin A deficiency*. *Food Chemistry*, 199, 628–631. doi:10.1016/j.foodchem.2015.12.057.
- Jiang, T., Shuai, X., Li, J., Yang, N., Deng, L., Li, S., ... & He, J. (2020a). Protein-bound anthocyanin compounds of purple sweet potato ameliorate hyperglycemia by regulating hepatic glucose metabolism in high-fat diet/streptozotocin-induced diabetic mice. *Journal of agricultural and food chemistry*, 68(6), 1596-1608.
- Jiang, T., Zhou, J., Liu, W., Tao, W., He, J., Jin, W., ... & Li, Y. (2020b). The anti-inflammatory potential of protein-bound anthocyanin compounds from purple sweet potato in LPS-induced RAW264. 7 macrophages. *Food Research International*, 137, 109647.

- Kammona, S., Othman, R. A. S. H. I. D. I., Jaswir, I. R. W. A. N. D. I., & Jamal, P. (2015). Characterisation of carotenoid content in diverse local sweet potato (*Ipomoea batatas*) flesh tubers. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7(2), 347-351
- Kennedy, D. (2016). B Vitamins and the Brain: Mechanisms, Dose and Efficacy—A Review. *Nutrients*, 8(2), 68. doi:10.3390/nu8020068.
- Kim, H. J., Park, W. S., Bae, J.-Y., Kang, S. Y., Yang, M. H., Lee, S., ... Ahn, M.-J. (2015). Variations in the carotenoid and anthocyanin contents of Korean cultural varieties and home-processed sweet potatoes. *Journal of Food Composition and Analysis*, 41, 188–193. doi:10.1016/j.jfca.2015.01.012.
- Kourouma, V., Mu, T.-H., Zhang, M., & Sun, H.-N. (2019). Effects of cooking process on carotenoids and antioxidant activity of orange-fleshed sweet potato. *LWT*. doi:10.1016/j.lwt.2019.01.011
- Lim, S., Xu, J., Kim, J., Chen, T.-Y., Su, X., Standard, J., ... Wang, W. (2013). Role of anthocyanin-enriched purple-fleshed sweet potato p40 in colorectal cancer prevention. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(11), 1908–1917. doi:10.1002/mnfr.201300040.
- Luis, G., Rubio, C., Gutiérrez, Á. J., González-Weller, D., Revert, C., & Hardisson, A. (2013). Evaluation of metals in several varieties of sweet potatoes (*Ipomoea batatas* L.): comparative study. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(1), 433–440. doi:10.1007/s10661-013-3388-8.
- Kim, M. Y., Lee, B. W., Lee, H., Lee, Y. Y., Kim, M. H., Lee, J. Y., ... Kim, H. (2019). Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Sweet Potato after Heat Treatment. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. doi:10.1002/jsfa.9968
- Mandave, P., Khadke, S., Karandikar, M., Pandit, V., Ranjekar, P., Kuvalekar, A., & Mantri, N. (2017). Antidiabetic, Lipid Normalizing, and Nephroprotective Actions of the Strawberry: A Potent Supplementary Fruit. *International Journal of Mezzomo*, N., & Ferreira, S. R. S. (2016). Carotenoids Functionality, Sources, and Processing by Supercritical Technology: A Review. *Journal of Chemistry*, 2016, 1–16. doi:10.1155/2016/3164312.
- Mitra, S. (2012). Nutritional status of orange-fleshed sweet potatoes in alleviating vitamin A malnutrition through a food-based approach. *Journal of Nutrition & Food Sciences*, 2(8), 1-3. Doi : 10.4172/2155-9600.1000160.

- Mohanraj, R., & Sivasankar, S. (2014). Sweet Potato (*Ipomoea batatas* [L.] Lam) - A Valuable Medicinal Food: A Review. *Journal of Medicinal Food*, 17(7), 733–741. doi:10.1089/jmf.2013.2818.
- Naczek, M., & Shahidi, F. (2006). Phenolics in cereals, fruits and vegetables: Occurrence, extraction and analysis. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 41, 1523–1542. <http://doi.org/10.1016/j.jpba.2006.04.002>.
- Nakamura, A., Ono, T., Yagi, N., & Miyazawa, M. (2013). Volatile compounds with characteristic aroma of boiled sweet potato (*Ipomoea batatas* L. cv Ayamurasaki, *I. batatas* L. cv Beniazuma and *I. batatas* L. cv Simon 1). *Journal of Essential Oil Research*, 25(6), 497–505. doi:10.1080/10412905.2013.809320.
- Pacheco, M. T., Escribano-Bailón, M. T., Moreno, F. J., Villamiel, M., & Dueñas, M. (2019). Determination by HPLC-DAD-ESI/MSⁿ of phenolic compounds in Andean tubers grown in Ecuador. *Journal of Food Composition and Analysis*, 103258. doi:10.1016/j.jfca.2019.103258.
- Pan, Z., Sun, Y., Zhang, F., Guo, X., & Liao, Z. (2019). Effect of Thermal Processing on Carotenoids and Folate Changes in Six Varieties of Sweet Potato (*Ipomoea batata* L.). *Foods*, 8(6), 215. doi:10.3390/foods8060215.
- Pereira, J., Ciacco, C. F., Vilela, E. R., & Teixeira, A. (1999). Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. *Food Science and Technology*, 19(2), 287-293. doi: 10.1590/S0101-20611999000200024.
- Sanoussi, A. F., Dansi, A., Ahissou, H., Adebawale, A., Sanni, L. O., Orobisi, A., Dansi, M., Azokpota, P. & Sanni, A. (2016a). Possibilities of sweet potato [*Ipomoea batatas* (L.) Lam] value chain upgrading as revealed by physico-chemical composition of ten elites landraces of Benin. *African Journal of Biotechnology*, 15(13), 481-489. doi: 10.5897/AJB2015.15107.
- Sanoussi, A. F., Adjatin, A., Dansi, A., Adebawale, A., Sanni, L. O., & Sanni, A. (2016b). Mineral composition of ten elites sweet potato (*Ipomoea Batatas* [L.] Lam.) landraces of Benin. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 5(1), 103-115.
- Senanayake, S. A., Ranaweera, K. K. D. S., Gunaratne, A., & Bamunuarachchi, A. (2013). Comparative analysis of nutritional quality of five different cultivars of sweet potatoes (*Ipomea batatas*(L) Lam) in Sri Lanka. *Food Science & Nutrition*, 1(4), 284–291. doi:10.1002/fsn3.38

- Singh, J., Kaur, L., & McCarthy, O. J. (2007). Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications—A review. *Food Hydrocolloids*, 21(1), 1–22. doi:10.1016/j.foodhyd.2006.02.006.
- Sun, Y., Pan, Z., Yang, C., Jia, Z., & Guo, X. (2019). *Comparative Assessment of Phenolic Profiles, Cellular Antioxidant and Antiproliferative Activities in Ten Varieties of Sweet Potato (Ipomoea Batatas) Storage Roots*. *Molecules*, 24(24), 4476. doi:10.3390/molecules24244476.
- Sun, J., Chen, H., Kan, J., Gou, Y., Liu, J., Zhang, X., ... & Jin, C. (2020). Anti-inflammatory properties and gut microbiota modulation of an alkali-soluble polysaccharide from purple sweet potato in DSS-induced colitis mice. *International journal of biological macromolecules*, 153, 708–722.
- Tanaka, T., Shnimizu, M., & Moriwaki, H. (2012). *Cancer Chemoprevention by Carotenoids*. *Molecules*, 17(3), 3202–3242. doi:10.3390/molecules17033202.
- Tomlins, K., Owori, C., Bechoff, A., Menya, G., & Westby, A. (2012). *Relationship among the carotenoid content, dry matter content and sensory attributes of sweet potato*. *Food Chemistry*, 131(1), 14–21. doi:10.1016/j.foodchem.2011.07.07
- Truong, V. D., Avula, R. Y., Pecota, K. V., & Yencho, G. C. (2018). Sweetpotato production, processing, and nutritional quality. *Handbook of vegetables and vegetable processing*, 2.
- Westby, A., & Cereda, M. P. (1994). Production of fermented cassava starch (polvilho azedo) in Brazil. *Tropical science*, 34(2), 203–210.
- Zhou, W., Yang, J., Hong, Y., Liu, G., Zheng, J., Gu, Z., & Zhang, P. (2015). *Impact of amylose content on starch physicochemical properties in transgenic sweet potato*. *Carbohydrate Polymers*, 122, 417–427. doi:10.1016/j.carbpol.2014.11.003.

Capítulo 3

Artigo 2

Amido de batata-doce cultivar BRS Amélia modificado por fermentação: Caracterização físico-química, composição química, propriedades térmicas, análise morfológica e propriedade de expansão

Taiane Mota Camargo¹; Marjana Radünz¹, Helen Cristina dos Santos Hackbart¹; Eliezer Ávila Gandra; Ana Cristina Richter Krolow²; Márcia Vizzotto Foster²; Patrícia Diaz Silva³

¹ Departamento de Ciência e Tecnologia Agroindustrial, Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Avenida Eliseu Maciel, S/N, CEP 96160-000, Capão do Leão, RS, Brasil.

² Embrapa Clima Temperado, BR 392, KM 78, C. P. 403, CEP 96010-971, Pelotas-RS, Brasil.

³ Grupo de Pesquisa em Tecnologia de Bioprocessos – TecBio -CDTec - UFPel

* Corresponding authors. Tel.: +55 53 98413-9182

Resumo

A batata-doce, cultivar BRS amélia é de fácil cultivo e capacidade de ser produzida durante o ano todo. O principal constituinte das raízes tuberosas é o amido. A modificação do amido por fermentação ocasiona características desejáveis ao amido. O efeito do tempo de fermentação no amido da batata-doce cultivar BRS Amélia foi estudado. Foram realizadas fermentações nos tempos de 0 (amido não fermentado–AN), 20, 40 e 60 dias. Foram avaliados os parâmetros de pH, acidez titulável, e sólidos solúveis no decorrer da fermentação, mostrando a diminuição do pH no decorrer da fermentação, enquanto a acidez aumentou. Os sólidos solúveis tiveram um decréscimo, o que mostra que os mesmos foram sendo consumidos durante a fermentação. Os amidos obtidos após a secagem, nos tempos de 0, 20, 40 e 60 dias também tiveram o comportamento esperado, com diminuição de pH e sólidos solúveis, e aumento de acidez. Houve decréscimo da concentração de amilose conforme o tempo de fermentação, sendo a menor concentração aos 60 dias. Foram desenvolvidos pães de queijo para avaliar a capacidade de expansão. A maior capacidade de expansão foram nos pães desenvolvidos com os amidos fermentados por 60 dias. Todos os amidos apresentaram atividade antioxidante, frente aos radicais 2,2-difenil-1-picrilhidrazil (DPPH), óxido nítrico e hidroxila, com destaque para as atividades frente ao radical óxido nítrico. Com excessão do amido nativo, todos os amidos apresentaram atividade anti-inflamatória. Na atividade antimicrobiana, o AN (não fermentado) apresentou o maior halo de inibição para o microrganismo *Staphylococcus aureus*. Nenhum dos amidos apresentou atividade frente ao microrganismo *Escherichia Coli*. Dentre os amidos fermentados, o amido com 20 dias de fermentação apresentou o maior halo de inibição. Observou-se que os amidos foram capazes de ocasionar a morte bacteriana do micro-organismo *S. aureus*.

Palavras-chave: amido, fermentação, capacidade de expansão, atividade antioxidante, atividade anti-inflamatória, atividade antimicrobiana.

1. Introdução

A batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) é uma raiz que se caracteriza por aspectos como rusticidade, facilidade de cultivo, ampla adaptação a diferentes tipos de clima e solo, tolerância à seca, capacidade de adaptação à condição marginal (diferentes climas), além de possuir baixo custo de produção (Cardoso et al., 2005). Segundo a CIP (International Potato Center, 2018) a batata-doce encontra-se entre as culturas de maior importância do mundo. Possui uma produção anual superior a 105 milhões de toneladas, ocupando o sexto lugar em produção, sendo que 95% são produzidos em países em desenvolvimento.

O componente majoritário da massa seca das raízes tuberosas da batata-doce é o amido, que é constituída de cadeias glicosídicas que formam a amilose e a amilopectina, representando o principal polissacarídeo de reserva energética das plantas e tubérculos, sendo que o amido da batata-doce apresenta ótima conversão energética e baixo índice glicêmico no organismo humano (Leonel et al., 2005; Abegunde et al., 2013; Zhou et al., 2014).

Considerando a alta produtividade e o alto teor de amido contido em batata-doce, surge a opção de utilizar o mesmo como ingrediente em várias formulações. O amido contribui grandemente para as propriedades de textura de muitos alimentos, e é amplamente utilizado em aplicações alimentares e industriais como um espessante, estabilizante coloidal, agente gelificante, agente de volume e agente de retenção de água. As propriedades físico-químicas e características funcionais dos sistemas de amido e sua singularidade em vários produtos alimentares variam com a origem biológica do amido. Amidos de várias fontes vegetais, como trigo, milho, arroz e batata, receberam grande atenção em relação às propriedades estruturais e físico-químicas (Singh et al., 2007).

A fermentação de diversas matérias-primas para produzir produtos alimentícios com diferentes propriedades físicas, químicas, sensoriais e funcionais é de grande interesse, devido aos avanços da ciência e da tecnologia. O amido não-fermentado (ou polvilho doce, no caso da mandioca), é o produto de uma fonte vegetal rica em carboidratos, após extração, lavagem, purificação e secagem. Quando este produto passa por um processo fermentativo, que varia de acordo com as condições de tempo ou local, ou ainda ação de enzimas microbianas, ácidos orgânicos produzidos por microrganismos ou ação combinada de ambos, passa a ser chamado de amido

fermentado. O mesmo é um amido modificado que se obtém da fermentação natural do amido seguido da secagem ao sol. O mesmo apresenta propriedades físicas, químicas e propriedades funcionais com características diferentes do amido de origem, antes de fermentar, dentre elas a sua capacidade de expansão (Cereda, 1983; Westby & Cereda, 1994; Pereira et al., 1999).

Estudos mostram que a fermentação natural que origina o amido fermentado ocorre, principalmente, devido à ação de bactérias ácido-láticas, que utilizam o amido como substrato para produzir ácido láctico. As fermentações conduzidas por bactérias ácido lácticas (BAL) muitas vezes produzem subprodutos com bioatividade e uma ampla gama de efeitos de promoção da saúde, incluindo proteção contra agentes infecciosos, efeitos imunomoduladores, efeitos antialérgicos, efeitos anti-obesidade, atividades antioxidantes, ocasionam um aumento da biodisponibilidade de vitaminas/minerais, efeitos ansiolíticos, dentre outros efeitos benéficos ao nosso organismo (Parvez et al., 2006; Qian et al., 2011; Arqués et al., 2015; Drywien et al., 2015; Martinez, Bedani e Saad, 2015; Ejtahed et al., 2016; Hill et al., 2017; Linares et al., 2017).

Além destes, a fermentação láctica é capaz de produzir diversos ácidos orgânicos, que possuem atividade antimicrobiana. Dentre eles podemos citar o ácido láctico, ácido fórmico, ácido succínico, ácido málico, ácido propiônico, ácido acético e ácido butírico, estes produzidos pelos gêneros *Lactobacillus* e *Lactococcus*, dentre outros, sendo que os mesmos possuem atividade contra micro-organismos patogênicos (Ibrahim et al., 2021).

Considerando as propriedades do amido fermentado quando utilizado em diferentes formulações, o objetivo deste estudo foi avaliar as modificações decorrentes da fermentação em amidos fermentados em diferentes tempos de fermentação e sua contribuição na capacidade de expansão de produtos de panificação.

2 Material e métodos

2.1 Preparo da amostra

As batatas-doce da cultivar BRS Amélia foram obtidas de um produtor local da cidade de Morro Redondo, Rio Grande do Sul, através da Embrapa Clima Temperado. As mesmas foram higienizadas com água corrente e escovadas para retirar o material terroso, e em seguida descascadas. Após, foram raladas e o amido foi extraído através de sucessivas lavagens com água potável.

2.2 Fermentação e secagem

A fermentação do amido foi realizada conforme metodologia proposta por Pereira et al. (1999) e Dias et al. (2007), com adaptações. O amido extraído, juntamente com a água de extração foi deixada em repouso por 24h para que houvesse a decantação do mesmo em bandejas de plástico. Após, foi retirada parte da água excedente e deixados em temperatura ambiente, coberta com tecido que permitisse a respiração, porém evite contaminação por material externo. Foram realizadas fermentações nos tempos de 0, 20, 40 e 60 dias. Durante a fermentação foram verificados os parâmetros de umidade, temperatura, acidez e pH a cada 5 dias. Após estes períodos, os amidos fermentados foram secos ao sol.

2.3 Caracterização dos amidos fermentados

2.3.1 Rendimento

Os amidos obtidos serão pesadas, e a que obtiver uma maior rendimento pela diferença em peso entre a matéria-prima in natura utilizada e o amido fermentado obtido.

2.3.2 Caracterização físico-química dos amidos fermentados

Foram realizadas análises de pH, acidez titulável, umidade e sólidos solúveis. A análise de umidade foi realizada por gravimetria, segundo método 920.151 da AOAC (1997). O pH foi determinado por potenciometria de acordo com o método 981.12 da AOAC (1997). A acidez total titulável foi realizada conforme o método 02-31 da AACC (1983). O teor de sólidos solúveis foi determinado por leitura direta em refratômetro.

2.3.3 Atividades biológicas

2.3.3.1 Preparação do extrato

Tendo-se o amido fermentado, conforme descrito anteriormente, fez-se um extrato aquoso. Para tal, 200 mg de amido foram dissolvidos em 1mL de água destilada. Agitou-se e levou-se ao ultrassom por 15 minutos. O sobrenadante foi separado e utilizado na avaliação das atividades propostas.

2.3.3.2 Atividade antioxidante e antiinflamatória dos amidos fermentados

2.3.3.2.1 Atividade sequestrante do radical 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

A capacidade de doação de átomos de hidrogênio pelos compostos presentes nos extratos foi determinada por métodos já citados na literatura com algumas adaptações (Vinholes et al., 2011; Vinholes et al., 2014). Para tal, em uma microplaca de 96 poços foi adicionado 25 µL do extrato e 250 µL de solução de DPPH 0.6 mM. As placas foram agitadas e incubadas no escuro por 30 minutos e posteriormente foi realizada leitura em leitora de placas Spectra Max 190, em comprimento de onda de 515 nm.

2.3.3.2.2 Atividade sequestrante do radical hidroxila (OH)

A capacidade de captura do radical hidroxila foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Vinholes et al., (2014) com adaptações. À uma placa de 96 poços foram adicionados 25 µL de extrato, 110 µL de solução de sulfato de ferro heptahidratado 8 mM, 50 µL de solução de peróxido de hidrogênio 7,18 mM, e posteriormente 74,2 µL de solução de ácido salicílico 3 mM. A placa foi agitada e incubada durante 30 minutos em uma temperatura de 37°C e após procedeu-se a leitura em leitora de placas Spectra Max 190, em um comprimento de onda de 515 nm.

2.3.3.2.3 Atividade sequestrante do radical óxido nítrico (ON)

A capacidade de captura do radical óxido nítrico foi determinada de acordo com o procedimento descrito por Vinholes et al., (2011). À uma placa de 96 poços foram adicionados 50 µL de nitroprussiato de sódio (SNP 20 mM) e 50 µL do extrato. A mistura foi incubada em temperatura ambiente, sob efeito de luz por 60 minutos. Após, foi adicionado 50 µL de solução de ácido fosfórico 2% e 50 µL do reagente de Griess.

A microplaca foi incubada durante 10 minutos no escuro a temperatura ambiente e após procedeu-se a leitura em leitora de placas Spectra Max 190, no comprimento de onda de 562 nm.

2.3.3.2.4 Atividade anti-inflamatória

A atividade anti-inflamatória foi determinada conforme a metodologia proposta por Chandra et al. (2012), com adaptações. Á uma placa de 96 poços adicionou-se 12µL de albumina fresca, 167 µL de tampão PBS pH 6,4 E 120 µL de amostra, Subsequentemente, a placa foi incubada em uma temperatura de 37°C pelo tempo de 15 minutos, em ausência de luz. Após, a placa foi levada ao banho-maria, na temperatura de 70°C durante 5 minutos. Procedeu-se a leitura, em leitora de placas Spectra Max 190, no comprimento de onda de 660nm.

2.3.3.3 Atividade antimicrobiana

A determinação do efeito antimicrobiano do amido nativo (AN) e amidos fermentados nos tempos de 20, 40 e 60 dias foi realizada por meio de três metodologias: disco difusão, concentração inibitória mínima (CIM) e concentração bactericida mínima (CBM). Foram testados os efeitos antimicrobianos sobre as cepas padrão das espécies de bactérias *Escherichia coli* O157:H7 (ATCC 43895) e *Staphylococcus aureus* (ATCC 10832). Para tal, foi adicionado ao amido água estéril, na concentração, obtendo-se, ao final, extratos de 500mg/mL.

2.3.3.3.1 Reativação dos microrganismos

A reativação dos microrganismos utilizados no estudo foi realizada da seguinte maneira: uma alçada de cada bactéria foi transferida para tubos individuais contendo caldo Soja Trypticaseína e incubadas em estufa durante 24 h a 37 °C. Após uma alçada de cada crescimento foi estriada em placas de Petri com meios seletivos, sendo ágar Eosina Azul de Metileno para *E. coli* e ágar Baird-Parker para *S. aureus*, e incubadas por 24 h a 37 °C, para o isolamento das colônias. Após o crescimento, foram extraídas uma alçada de cada bactéria e ressuspensas em solução salina (NaCl 0,85%), a qual foi padronizada na

concentração 0,5 na escala de McFarland ($1,5 \times 10^8$ UFC mL⁻¹). Todos os ensaios foram realizados em triplicatas.

2.3.3.3.2 Análise de disco difusão

Para a determinação do diâmetro do halo de inibição dos amidos avaliados foi realizada a análise de disco difusão de acordo com protocolo proposto pelo Manual *Clinical and Laboratory Standards Institute* – CLSI (CLSI, 2015). Para isto, a solução salina padronizada contendo o inóculo foi semeada com auxílio de um swab estéril na superfície de placas contendo ágar Muller Hinton. Em seguida foram adicionados discos de papel filtro esterilizados com diâmetro de 6 mm. Após, 10 µL do extrato dos amidos foram impregnados sobre os discos de papel e as placas incubadas por 24 h a 37 °C. Logo após este período foi efetuada a medição dos halos de inibição, sendo os resultados expressos em centímetros.

2.3.3.3.3 Análise de concentração inibitória mínima (CIM)

A Concentração Inibitória Mínima (CIM) foi realizada de acordo com o método descrito por Cabral et al. (2009) com pequenas modificações. Para isto, foram adicionados em uma microplaca de 96 poços: 180 µL de caldo BHI, 20 µL de inóculo bacteriano e amostras de extrato de amido em cinco diferentes concentrações (200, 100, 50, 1 e 0,1 mg/mL). Após as placas foram avaliadas em espectrofômetro (Biochrom EZ Read 400) a 620 nm. Em seguida, procedeu-se a incubação por 24 h a 37 °C, e após, foi realizada nova leitura em espectrofotômetro. A CIM foi considerada como a menor concentração em que não houve crescimento bacteriano no meio de cultura e os resultados foram expressos em mg/mL.

2.3.3.3.4 Análise de concentração bactericida mínima (CBM)

Para a determinação da Concentração Bactericida Mínima (CBM) foi realizada de acordo com o método descrito por Cabral et al. (2009) com pequenas modificações. Foram testados os extratos nas concentrações de 200, 180, 160, 140, 120 e 100 mg/mL. Foi adicionado 15 µL e estriados em placas de Petri com ágar BHA (*Brain Heart Infusion Agar*) e incubados por 24 h a 37 °C. Foi considerada a mínima concentração bactericida as placas onde não houve crescimento bacteriano. Os resultados foram expressos em mg/mL.

2.3.4 Determinação de amilose

A determinação foi realizada por método colorimétrico com iodo, de acordo com o método proposto por Mcgrane, Cornell E Rix (1998). Para tal, 20 mg de amido nativo e dos amidos fermentados nos tempos de 20, 40 e 60 dias juntamente com 8 mL de DMSO à 90% (dimetilsulfóxido) foram agitados durante 20 minutos, e após, levados a banho de 85 °C por 15 min. Após, o conteúdo foi transferido para balão volumétrico de 25 mL e homogeneizado e o volume completado com água destilada. Uma alíquota de 1 mL da solução foi adicionada de 5 mL de solução de I_2/KI (0,0025 mol. L⁻¹ de I_2 e 0,0065 mol. L⁻¹ de KI) e o volume completado para 50 mL. A solução resultante foi homogeneizada e mantida em repouso por 15 minutos, e posteriormente foi realizada a leitura da absorbância em 600 nm. Para a realização da curva de calibração foram utilizados 20 mg de amilose de batata-doce pura, submetida ao mesmo processo descrito para o amido, sendo retiradas alíquotas de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1,0 mL para determinação da absorbância.

2.3.5 Propriedade de expansão e corte transversal

Para a realização das análises de propriedade de expansão e aparência através do corte transversal dos amidos nativo e fermentados nos tempo 20, 40 e 60 dias, o produto escolhido foi o pão de queijo.

A propriedade de expansão dos pães de queijo foi avaliada através do volume específico (mL.g⁻¹), obtido pela razão entre o volume aparente (mL), determinado pelo deslocamento das sementes de painço, e a massa (g), após o forneamento (Pizzinatto, Magno e Campagnolli, 1993).

Foram utilizados os amidos fermentados nos tempos de 0, 20, 40 e 60 dias, comparando com pão de queijo obtido substituindo os amidos fermentados por polvilho azedo comercial (controle).

Para a elaboração do pão de queijo utilizado nesta etapa do estudo, seguiu-se a formulação conforme a Tabela 8. Os ingredientes foram homogeneizados, moldados, e levados ao forneamento em uma temperatura de 180°C.

Tabela 1. Formulação dos pães de queijo.

Ingredientes	Quantidades
Amido (g)	100
Leite (mL)	65

Queijo ralado fino (g)	30
Queijo parmesão ralado(g)	10
Óleo de soja (mL)	20
Ovos (g)	20
Sal (g)	2

Fonte: Zavareze et al. (2009) adaptada

2.3.6 Análise estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) pelo teste Tukey à 5% de significância, com o auxílio do software STATISTICA versão 6.1 (StatSoft, França).

3 Resultados e discussão

Foram realizadas fermentações nos tempos de 0, 20, 40 e 60 dias, entre os meses de outubro, novembro e dezembro de 2022. Durante a fermentação, foram observadas as variações dos parâmetros de pH, acidez e sólidos solúveis a cada 5 dias. Os resultados observados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 2. Parâmetros de pH e acidez de amidos fermentados nos tempos de 0, 20, 40 e 60 dias, a cada 5 dias de fermentação.

Tempo de fermentação		pH	Acidez titulável (mEq.100g ⁻¹)	Sólidos solúveis (°Brix)
0	0	6,2	0,41	17,7
	0	6,2	0,41	17,2
20	5	5,1	0,54	14,9
	10	4,7	0,71	13,7
	15	3,2	0,97	11,9
	20	2,1	1,15	10,1
	0	6,1	0,42	16,6
40	5	5,5	0,49	15,1
	10	4,1	0,56	13,9
	15	3,4	0,91	11,1
	20	2,2	1,21	10,9
	25	1,9	1,29	10,1
	30	1,8	1,49	7,7
	35	1,7	1,58	5,1
	40	1,6	1,82	3,4
	0	6,1	0,44	16,7
60	5	5,5	0,51	15,3
	10	4,3	0,59	13,6
	15	3,0	0,74	12,1
	20	2,1	1,12	11,0
	25	1,8	1,36	9,8
	30	1,6	1,57	8,4
	35	1,5	1,88	6,1
	40	1,3	2,13	5,9
	45	1,3	2,39	4,7
	50	1,1	2,41	3,1
	55	1,1	2,73	2,8

60	1,0	2,92	2,3
----	-----	------	-----

Conforme podemos observar uma redução do pH ao decorrer da fermentação, proporcionalmente ao aumento da acidez, o que corrobora com os resultados encontrados por Dias et al. (2007). Também há uma redução dos sólidos solúveis, sugerindo que os açúcares foram sendo utilizados como substrato para a fermentação, ocasionando sua diminuição.

3.1 Rendimento

O rendimento da extração do amido foi de 19,6%. O resultado é menor do que o encontrado por outros autores, o que pode ser explicado pelo fato de que após a colheita, no decorrer do armazenamento, parte do amido contido na batata-doce é convertido em glicose (Castro & Becker, 2011).

3.2 Caracterização físico química dos amidos fermentados de batata-doce BRS Amélia

Os amidos fermentados nos tempos de 0, 20, 40 e 60 dias foram caracterizadas quanto ao pH, acidez titulável, umidade e sólidos solúveis (°Brix), após a secagem. Os resultados obtidos são apresentados na tabela 3.

Tabela 3. Análises de pH, acidez titulável, e umidade de amidos de batata-doce BRS Amélia nos tempos de fermentação de 0, 20, 40 e 60 dias.

Tempo de fermentação do amido (dias)	pH	Acidez titulável (mEq.100g)	Umidade (%)	Sólidos solúveis (°Brix)
0	5,4 ^a	0,43 ^d	11,78 ^a	12,10 ^a
20	2,9 ^b	1,01 ^c	10,42 ^b	8,40 ^b
40	2,1 ^c	1,56 ^b	10,44 ^b	5,40 ^c
60	1,9 ^c	2,47 ^a	11,91 ^a	3,90 ^d

* Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença estatística.

Pode-se observar a diminuição do pH, como esperado, variando de 5,4 (AN) a 1.9 (amido fermentado por 60 dias), bem como o aumento da acidez. Os sólidos

solúveis também diminuíram no decorrer da fermentação, o que sugere que os açúcares foram consumidos pelos micro-organismos no decorrer da fermentação. Os resultados corroboram com os encontrados por Dias et al. (2007), e Oyeyinka (2019), que observaram o mesmo comportamento em para acidez e pH em amidos fermentados de mandioca. A umidade foi variável, sendo que os tempos de 20 e 40 dias de fermentação não diferiram estatisticamente, sendo menores que os tratamentos de 0 e 40 dias, que também não apresentaram diferença estatística.

3.3 Atividades Biológicas

3.3.1 Atividade antioxidante e anti-inflamatória dos amidos fermentados

As atividades antioxidantes (Tabela 4) e anti-inflamatória (Tabela 5) são apresentadas a seguir.

Tabela 4 . Atividade antioxidante frente aos radicais DPPH, OH e ON dos amidos fermentados por 0, 20, 40 e 60 dias.

Tempo de fermentação (dias)	Atividade antioxidante (%)		
	DPPH	OH	ON
0	24,88 ^b	22,01 ^c	63,27 ^c
20	24,16 ^b	23,11 ^b	66,86 ^b
40	25,62 ^a	22,39 ^c	70,93 ^a
60	26,16 ^a	29,02 ^a	71,82 ^a

* Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença estatística.

Como observado na Tabela 3, todos os amidos testados possuem atividade antioxidante, com destaque para a atividade frente ao radical óxido nítrico, que apresentou os maiores percentuais. Em todos os radicais testados, os amidos fermentados por 60 dias teve a maior atividade antioxidante. Os resultados demonstram que os amidos fermentados possuem atividade antioxidante.

Estudos que avaliem esta atividade na literatura são escassos, porém muito importantes. O óxido nítrico é detectado muito frequentemente em locais onde ocorrem processos inflamatórios, influenciando em diversas funções em nosso organismo, dentre elas a vasodilatação, neurotransmissão, plasticidade sináptica e memória no sistema nervoso central. Porém, em condições patológicas, há uma superprodução do radical, que pode ser responsável na mediação de efeitos tóxicos, como fragmentação de DNA, dano celular e morte celular neuronal. O mesmo também

apresenta neurotoxicidade e atua como um mediador patológico como isquemia cerebral, epilepsia, doença de Alzheimer, doença de Parkinson e outras doenças neurodegenerativas (Sumanont et al., 2004; Maia et al., 2014; Moller et al., 2019).

Já o radical hidroxila é a principal espécie reativa de oxigênio que induz a peroxidação lipídica e outros danos biológicos no organismo. O mesmo pode atuar atacando tanto as bases nitrogenadas como o açúcar do DNA, podendo ocasionar o rompimento da cadeia, gerando radicais livres. Também pode provocar a quebra de ligações de aminoácidos, ocasionando a morte celular (Hazra et al., 2010).

Tabela 5. Atividade anti-inflamatória dos amidos fermentados pelos tempos de 0, 20, 40 e 60 dias.

Tempo de fermentação (dias)	Atividade antiinflamatória
0	ND
20	4,62 ^c
40	19,53 ^b
60	62,21 ^a

*ND = não detectado

* Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença estatística.

Pode-se observar, com os resultados apresentados na Tabela 4 que todos os amidos que passaram pelo processo fermentativo obtiveram atividade antiinflamatória.

Em relação à atividade antiinflamatória, observou-se que o amido nativo (não-fermentado) não apresentou atividade. Após, houve um aumento gradativo da atividade, sendo o tempo de 60 dias o que apresentou a maior atividade.

Estudos que avaliem a atividade antiinflamatória de amidos fermentados são escassos, fazendo-se assim importante esta avaliação devido ao fato da inflamação ser uma resposta normal, protetora e temporária do sistema imune a patógenos e lesões. No entanto, com estímulos recorrentes ou regulação ineficiente, a inflamação crônica se inicia e mantém um estado pró-inflamatório que é o principal fator que contribui para o desenvolvimento, progressão e complicação das doenças mais comumente conhecidas, como as doenças cardiovasculares, Alzheimer e *diabetes mellitus* tipo 2. Respostas inflamatórias podem ser desencadeadas por diferentes estímulos, como vírus, alterações nos níveis de espécies reativas de oxigênio, status redox celular, ácidos graxos, fatores de crescimento, e fatores causadores do câncer (Joseph et al., 2014).

3.3.2 Análises antimicrobianas

Os amidos foram avaliados quanto as análises de disco-difusão, CIM e CBM para a determinação de suas atividades antimicrobianas. A análise de disco-difusão é apresentada na Tabela 6. Pode se observar que houveram halos de inibição no micro-organismo *S. aureus*, sendo que o amido nativo (não fermentado) apresentou o maior halo de inibição dentre os amidos testados, seguido do amido com 20 dias de fermentação. Os amidos com 20 e 40 dias de fermentação não apresentaram diferença estatística nas inibições do micro-organismo *S. aureus*. O amido com 60 dias de fermentação apresentou o menor halo de inibição frente ao mesmo microrganismo.

Tabela 6. Análise de Disco-difusão do amido nativo (AN) amidos fermentados nos tempos de 20, 40 e 60 dias

	Tempo de fermentação (dias)			
	0	20	40	60
	Halos de inibição (cm)			
Microrganismos				
<i>E. coli</i>	ND*	ND	ND	ND
<i>S. aureus</i>	1,00 ^a	0,80 ^b	0,75 ^b	0,45 ^c

*ND = não detectado

* Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferença estatística.

Para o microrganismo *E. coli* não houveram halos de inibição possíveis de serem medidos.

A Tabela 7 apresenta os dados obtidos na concentração inibitória mínima (CIM) e concentração bactericida mínima obtidos.

Tabela 7. Análise de CIM e CBM do amido nativo (AN) amidos fermentados nos tempos de 20, 40 e 60 dias.

		Tempo de Fermentação			
		0	20	40	60
Micro-organismos					
CIM (mg.mL ⁻¹)	<i>E. coli</i>	120 ^b	160 ^a	160 ^a	160 ^a
	<i>S. aureus</i>	120 ^b	160 ^a	160 ^a	160 ^a
CBM (mg.mL ⁻¹)	<i>E. coli</i>	ND*	ND	ND	ND
	<i>S. aureus</i>	140 ^b	180 ^a	180 ^a	180 ^a

*ND = não detectado

* Letras minúsculas diferentes na linha indicam diferença estatística.

O amido não fermentado apresentou a CIM menor. Considerando que amido fermentado foi extraído da batata-doce cultivar BRS Amélia, uma cultivar biofortificada e rica em carotenoides, e considerando que a secagem foi realizada preservando a água da própria batata-doce, possivelmente estes tenham sido preservados no amido após a secagem. Os amidos fermentados também apresentaram uma concentração inibitória mínima frente aos micro-organismos *E. coli* e *S. aureus*, o que pode ter se dado ao fato da presença de ácido láctico..

Alguns estudos relataram os efeitos inibitórios de diversas bacteriocinas produzidas por bactérias ácido lácticas contra uma ampla variedade de patógenos alimentares. Por exemplo, a bacteriocina lactobacilina XH1 inibe a proliferação de *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* e a plantaricina P1053 (produzida por *L. plantarum* PBS067) demonstra uma atividade antimicrobiana de amplo espectro contra bactérias, como *E. coli*, e o *S. aureus*. As bacteriocinas são antimicrobianos poderosos e promissores. As BAL produtoras de bacteriocina podem ser utilizados visando a segurança alimentar, já que possuem atividade contra estes patógenos (Sharma, et al., 2018)

Os amidos não apresentaram CBM frente à *E. Coli*. frente ao micro-organismo *S. Aureus* apresentou CBM menor no amido não fermentado.

3.4 Teor de amilose

Os teores de amilose do amido nativo (AN), e os amidos fermentados por 20, 40 e 60 dias é apresentada na Tabela 8. Como podemos observar, a fermentação ocasionou uma diminuição nos teores de amilose. Diversos autores observam o mesmo comportamento em seus estudos. Ye et al. (2019) avaliou amidos de batata-doce fermentados em tanques nos tempos de 0, 3, 8 e 12 meses, notando que houve diminuição gradual do teor de amilose, observando que o mesmo ocorreu quando o pH diminuiu, resultados semelhantes aos encontrados neste estudo.

Tabela 8. Teor de amilose dos amidos fermentados por 0 (amido nativo), 20, 40 e 60 dias.

Tempo de fermentação	Amilose (%)
0	28,9 ^a
20	23,4 ^b
40	19,1 ^c
60	15,4 ^d

* Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença estatística.

A diminuição no teor de amilose nas amostras de amido fermentado pode ter sido ocasionada pela hidrólise enzimática/ácida da amilose durante a fermentação, que pode ter sofrido ação de microrganismos amilolíticos, hipótese também defendida por Nowak et al. (2014). A degradação do amido induzida pela fermentação espontânea provavelmente iniciou-se em regiões amorfas dos grânulos de amido, que eram relativamente ricos em amilose. Por degradação, a amilose converteu-se em moléculas solúveis, migrando para o exterior dos grânulos (Alvarado et al., 2013; Reyes et al., 2016; Babu, Parimalavalli, & Rudra, 2015).

3.5 Propriedade de Expansão

Na Figura 1 podemos observar a aparência dos pães de queijo desenvolvidos utilizando os amidos fermentados e o polvilho azedo comercial. Os resultados obtidos na análise de propriedade de expansão, dada em volume específico, são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Volume específico dos pães de queijo desenvolvidos com os amidos fermentados por 0, 20, 40 e 60 dias, bem como do desenvolvido com o polvilho azedo comercial.

Amostras	Volume específico (mL.g ⁻¹)
0	0,4 ^d
20	1,0 ^c
40	1,4 ^b
60	1,5 ^b
Polvilho azedo comercial	2,2 ^a

* Letras minúsculas diferentes na coluna indicam diferença estatística.

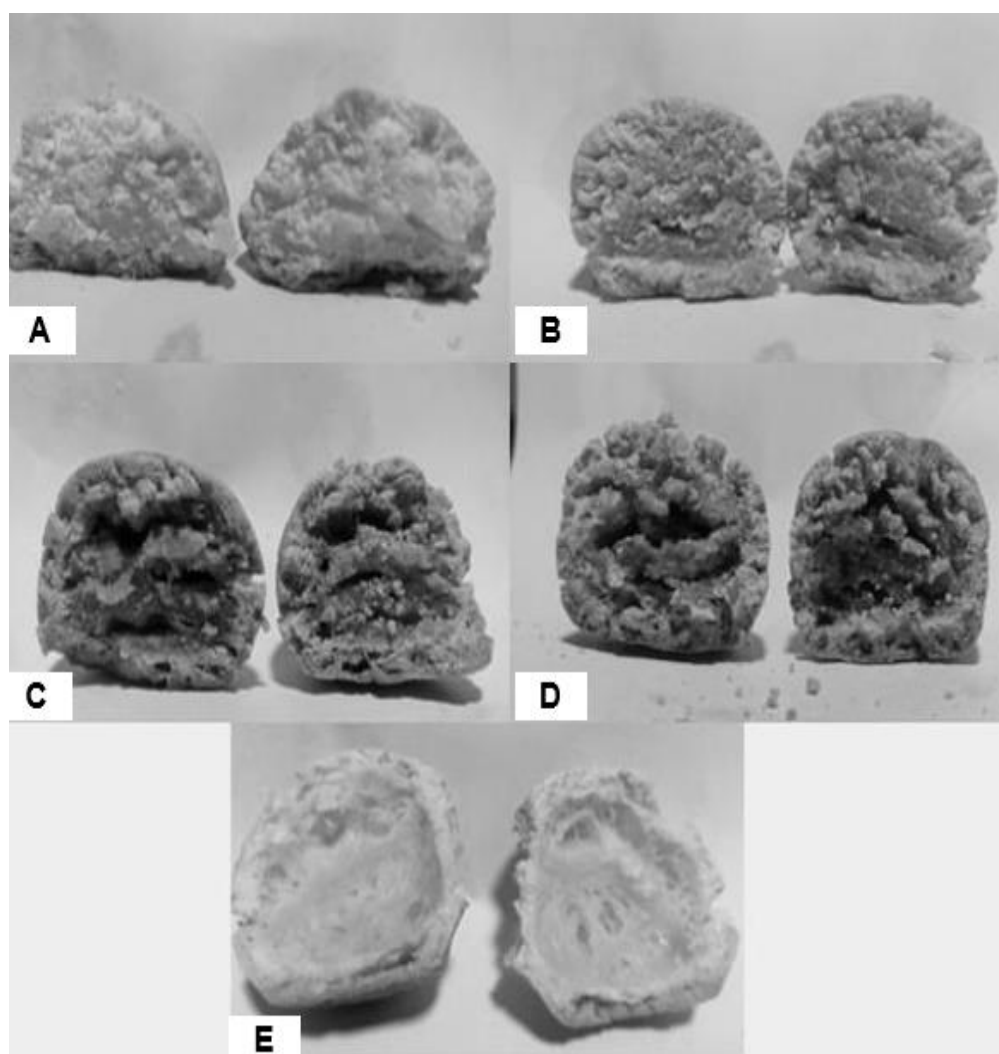


Figura 1. Aparência dos pães de queijo após o corte transversal. (a) 0 dias; (b) 20 dias; (c) 40 dias; (d) 60 dias; e (e) polvilho comercial.

Fonte: Autora (2023)

Machado & Pereira (2010) afirmam que o índice de expansão é altamente dependente da velocidade de gelatinização do amido, estando também relacionado com o teor de água disponível. São considerados pães de queijo com maior qualidade e valor agregado aqueles que possuem uma maior capacidade de expansão. Com os dados obtidos podemos observar que o pão de queijo desenvolvido unicamente com polvilho azedo apresentou uma capacidade de expansão maior que os que foram feitos com os amidos fermentados de batata-doce. O pão de queijo com maior capacidade de expansão entre os desenvolvidos foi o com o maior tempo de expansão (60 dias), seguido do amidos com 40, 20 e 0 dias, respectivamente. A capacidade expansão dos pães de queijo com amidos fermentados por 40 e 60 dias não diferiu estatisticamente. Os resultados corroboram com os encontrados por Zavareze et al. (2009), que em seu estudo, avaliou a capacidade de expansão de pães de queijo com substituição parcial e total do amido fermentado de mandioca (polvilho azedo) por amido fermentado de batata-doce, observando que quanto maior a concentração de amido de batata-doce, menor a capacidade de expansão, assim como o pão de queijo feito com polvilho azedo obteve maior capacidade de expansão.

Pães de queijo são desenvolvidos com produtos com alta concentração de macromoléculas, que é o caso do amido, principal ingrediente. Além disso, ainda são ricos em gordura e proteína, o que ocasiona a formação de uma massa densa. Porém, durante a homogeneização da massa, há incorporação de ar e formação de alvéolos grandes, o que ocasiona a expansão dos mesmos (Zavareze et al., 2009).

4. Conclusão

Na caracterização do amido observou-se um decréscimo do pH e dos sólidos solúveis, e um aumento na acidez, o que mostra que os carboidratos foram sendo consumidos no decorrer da fermentação. O amido fermentado possui atividade antioxidante, atividade anti-inflamatória e atividade antimicrobiana frente a alguns micro-organismos. Podemos destacar atividade antioxidante contra o radical ON, que desempenha papel importantíssimo em nosso organismo. Em relação a atividade antimicrobiana, o amido fermentado foi capaz de causar a morte bacteriana, efeitos estes benéficos ao nosso organismo, podendo ser capaz de ser incorporado em diferentes formulações para este fim. O teor de amilose decresceu ao decorrer da fermentação, sendo menor aos 60 dias. Quando elaborado o pão de queijo, observou-se que a capacidade de expansão foi maior no produto desenvolvido com o amido fermentado por maior tempo, ou seja, com 60 dias.

5. Referências Bibliográficas

ABEGUNDE, Oluwaseyi Kemi et al. Physicochemical characterization of sweet potato starches popularly used in Chinese starch industry. **Food hydrocolloids**, v. 33, n. 2, p. 169-177, 2013.

ALVARADO, Pedro Maldonado et al. Combined effect of fermentation, sun-drying and genotype on breadmaking ability of sour cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 98, n. 1, p. 1137-1146, 2013.

ARQUÉS, Juan L. et al. Antimicrobial activity of lactic acid bacteria in dairy products and gut: effect on pathogens. **BioMed research international**, v. 2015, 2015.

BABU, Ayenampudi Surendra; PARIMALAVALLI, Ramanathan; RUDRA, Shalini Gaur. Effect of citric acid concentration and hydrolysis time on physicochemical properties of sweet potato starches. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 80, p. 557-565, 2015.

CABRAL, I. S. R. et al. Composição fenólica, atividade antibacteriana e antioxidante da própolis vermelha brasileira. **Química Nova**, v. 32, n. 6, p. 1523-1527, 2009. DOI: 10.1590/S0100-40422009000600031. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/qn/a/Vq7VYxwtFSPDJRLs7y7TtXH/#>. Acesso em: 22 set. 2021.

CASTRO, L. A. S & BECKER, A. Batata –doce: BRS Amélia. Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2011.

CHANDRA, Sangita et al. Evaluation of in vitro anti-inflammatory activity of coffee against the denaturation of protein. **Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine**, v. 2, n. 1, p. S178-S180, 2012.

CEREDA, M. P. Avaliação da qualidade de duas amostras de fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 17, n. 3, p. 305-320, 1983.

CLSI – Manual Clinical and Laboratory Standards Institute (2015). **Padronização dos Testes de Sensibilidade a Antimicrobianos por Disco-difusão: Norma Aprovada**,

23, 1. Disponível em: http://www.anvisa.gov.br/servicosaude/manuais/clsi/clsi_OPASM2-A8.pdf. Acesso em: 25 out. 2021.

DIAS, Alvaro Renato Guerra et al. Oxidação dos amidos de mandioca e de milho comum fermentados: desenvolvimento da propriedade de expansão. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 794-799, 2007.

DRYWIEN, M. et al. Effect of probiotic and storage time of thiamine and riboflavin content in the milk drinks fermented by *Lactobacillus casei* KNE-1. **Roczniki Państwowego Zakładu Higieny**, v. 66, n. 4, 2015.

EJTAHED, H.-S. et al. Gut microbiota as a target in the pathogenesis of metabolic disorders: a new approach to novel therapeutic agents. **Hormone and metabolic research**, v. 48, n. 06, p. 349-358, 2016.

HAZRA, Bibhabasu et al. Comparative study of the antioxidant and reactive oxygen species scavenging properties in the extracts of the fruits of *Terminalia chebula*, *Terminalia belerica* and *Emblica officinalis*. **BMC Complementary and alternative medicine**, v. 10, n. 1, p. 1-15, 2010.

HILL, Daragh et al. Recent advances in microbial fermentation for dairy and health. **F1000Research**, v. 6, 2017.

IBRAHIM, Salam A. et al. Lactic acid bacteria as antimicrobial agents: Food safety and microbial food spoilage prevention. **Foods**, v. 10, n. 12, p. 3131, 2021.

INTERNATIONAL POTATO CENTER – CIP. Sweet potato facts and figures (2018). Disponível em: < <https://cipotato.org/crops/sweetpotato/sweetpotatofacts-and-figures/>>. Acesso em: 10 de setembro de 2018.

JOSEPH, Shama V.; EDIRISINGHE, Indika; BURTON-FREEMAN, Britt M. Berries: anti-inflammatory effects in humans. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 62, n. 18, p. 3886-3903, 2014.

LEONEL, et al. Espécies tuberosas tropicais como matérias-primas amiláceas. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 1, p. 49-68, 2005.

LINARES, Daniel M. et al. Lactic acid bacteria and bifidobacteria with potential to design natural biofunctional health-promoting dairy foods. **Frontiers in microbiology**, v. 8, p. 846, 2017.

MACHADO, Antônio Vitor; PEREIRA, Joelma. Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas e reológicas da massa e do pão de queijo. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 421-427, 2010.

MAIA, Robinson M. et al. Avaliação do sequestro do óxido nítrico (NO) pelo extrato metanólico da alga *Bryothamnion triquetrum* (Gmelin) Howe. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 20, p. 489-493, 2010.

MARTINEZ, Rafael Chacon Ruiz; BEDANI, Raquel; SAAD, Susana Marta Isay. Scientific evidence for health effects attributed to the consumption of probiotics and prebiotics: an update for current perspectives and future challenges. **British Journal of Nutrition**, v. 114, n. 12, p. 1993-2015, 2015.

MCGRANCE, Scott J.; CORNELL, Hugh J.; RIX, Colin J. A simple and rapid colorimetric method for the determination of amylose in starch products. **Starch-Stärke**, v. 50, n. 4, p. 158-163, 1998.

MÖLLER, Matías N. et al. Detection and quantification of nitric oxide–derived oxidants in biological systems. **Journal of biological chemistry**, v. 294, n. 40, p. 14776-14802, 2019.

NOWAK, EWELINA, FIEDOROWICZ, GOHAR KHACHATRYAN–MACIEJ. Comparison of molecular structure and selected physicochemical properties of spelt wheat and common wheat starches. **J. Food Nutr. Res**, v. 53, p. 31-38, 2014.

OYEYINKA, S. A., ADEGOKE, R., OYEYINKA, A. T., SALAMI, K. O., OLAGUNJU, O. F., KOLAWOLE, F. L., ... & BOLARINWA, I. F. Effect of annealing on the functionality of bambara groundnut (*Vigna subterranea*) starch–palmitic acid complex. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 53(2), p. 549-555, 2018.

PARVEZ, Suhel et al. Probiotics and their fermented food products are beneficial for health. **Journal of applied microbiology**, v. 100, n. 6, p. 1171-1185, 2006.

PEREIRA, Joelma et al. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Food Science and Technology**, v. 19, p. 287-293, 1999.

PIZZINATTO, A. et al. Avaliação tecnológica de produtos derivados de farinhas de trigo (pão, macarrão, biscoito). **Campinas: Ital**, p. 54, 1993.

QIAN, Bingjun et al. Antioxidant, antihypertensive, and immunomodulatory activities of peptide fractions from fermented skim milk with *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* LB340. **Journal of Dairy Research**, v. 78, n. 1, p. 72-79, 2011.

REYES, Isabel et al. Structural changes of corn starch during *Saccharomyces cerevisiae* fermentation. **Starch-Stärke**, v. 68, n. 9-10, p. 961-971, 2016.

SHARMA, Garima et al. Antibacterial activity, cytotoxicity, and the mechanism of action of bacteriocin from *Bacillus subtilis* GAS101. **Medical Principles and Practice**, v. 27, n. 2, p. 186-192, 2018.

SINGH, et al. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications—A review. **Food hydrocolloids**, v. 21, n. 1, p. 1-22, 2007.

SUMANONT, Yaowared et al. Evaluation of the nitric oxide radical scavenging activity of manganese complexes of curcumin and its derivative. **Biological and Pharmaceutical Bulletin**, v. 27, n. 2, p. 170-173, 2004.

VINHOLES, Juliana et al. In vitro studies to assess the antidiabetic, anti-cholinesterase and antioxidant potential of *Spergularia rubra*. **Food Chemistry**, v. 129, n. 2, p. 454-462, 2011.

VINHOLES, Juliana et al. Assessment of the antioxidant and antiproliferative effects of sesquiterpenic compounds in in vitro Caco-2 cell models. **Food chemistry**, v. 156, p. 204-211, 2014.

WESTBY, A.; CEREDA, M. P. Production of Fermented Cassava Starch (Polvilho Azedo) in Brazil. **Tropical Science**, v. 34, n. 2, p. 203-210, 1994.

YE, Fayin et al. Spontaneous fermentation tunes the physicochemical properties of sweet potato starch by modifying the structure of starch molecules. **Carbohydrate polymers**, v. 213, p. 79-88, 2019.

ZAVAREZE, E. da R. et al. Elaboração de pão de queijo com substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (*Ipomoea batatas*) submetido a diferentes processos de secagem. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 1, p. 68-76, 2009.

ZHOU, Wenzhi et al. Impact of amylose content on starch physicochemical properties in transgenic sweet potato. **Carbohydrate polymers**, v. 122, p. 417-427, 2014.

Relatório de Campo

Em relação ao desenvolvimento das análises, alterações precisam ser feitas e resultados precisam ser tratados, dados estes não presentes neste trabalho, mas que estarão no artigo redigido. As mesmas são descritas abaixo:

- Microscopia eletrônica de varredura (MEV);
- Análise Térmica Diferencial (DSC);
- Análise Termogravimétrica (TGA);
- Difração de Raio-X;
- Cromatografia Gasosa.

Considerações Finais

O presente trabalho desempenhou um papel muito importante na minha formação, já que me desafiou a entrar em uma área que até então não havia explorado. Diversos desafios foram superados, uma pandemia, perda de entes queridos e muito aprendizado.

Os resultados demonstram que o amido fermentado pode ser explorado como ingredient em diversas formulações não só em produtos de panificação, mas também como um ingredient com apelo functional, já que o mesmo demonstrou ser benéfico ao nosso organism, possuindo atividades antioxidants, anti-inflamatória e antimicrobiana.

-