

**INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ALIMENTOS**

ERIVAN GALDINO MEDEIROS

**UTILIZAÇÃO DO AMIDO NA PRODUÇÃO DE DOCE DE LEITE: UMA REVISÃO
DE LITERATURA**

**SÃO CRISTÓVÃO/SE
2023**

ERIVAN GALDINO MEDEIROS

**UTILIZAÇÃO DO AMIDO NA PRODUÇÃO DE DOCE DE LEITE: UMA REVISÃO
DE LITERATURA**

Trabalho de Conclusão do Curso de Tecnologia em Alimentos do Instituto Federal de Sergipe, Campus São Cristóvão, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos.

Orientadora: Profa. Ma. Emanuele Oliveira Cerqueira Amorim

Coorientadora: Profa. Dra. Raquel Anne Ribeiro dos Santos

SÃO CRISTÓVÃO/SE

2023

IFS - Biblioteca do Campus São Cristóvão

M488u Medeiros, Erivan Galdino
Utilização do amido na produção de doce de leite: uma revisão de literatura /
Erivan Galdino Medeiros. - São Cristóvão-SE, 2023.
32 f.; il.

Monografia (Graduação) – Tecnologia em Alimentos. Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS, 2023.
Orientadora: Professora MSc. Emanuele Oliveira Cerqueira Amorim.
Coorientadora: Professora Dra. Raquel Anne Ribeiro dos Santos.

1. Amido modificado. 2. Amido nativo. 3. Doce de leite. 4. Cristais de lactose.
I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS. II. Título.

CDU: 664.2

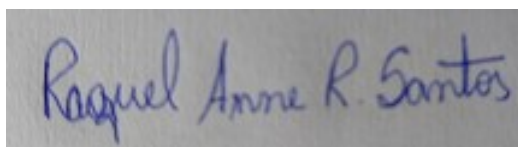
ERIVAN GALDINO MEDEIROS

**UTILIZAÇÃO DO AMIDO NA PRODUÇÃO DE DOCE DE LEITE: UMA REVISÃO
DE LITERATURA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado ao Instituto Federal de Sergipe, Campus São Cristóvão, às 9h10min do dia 19 de janeiro de 2023, como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Alimentos. O discente foi arguido pela banca examinadora composta pelos examinadores abaixo assinados. Após deliberação, a banca examinadora considerou o trabalho aprovado.

Emanuele Oliveira Cerqueira Amorim
(Orientador)

Profa. Ma. Emanuele Oliveira Cerqueira Amorim
IFS - Campus São Cristóvão

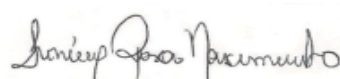


(Coorientador)

Profa. Dra Raquel Anne Ribeiro dos Santos
IFS - Campus São Cristóvão



Profa. Ma. Lucia Dalbosco Lins
IFS - Campus São Cristóvão



Profa. Dra. Irinéia Rosa do Nascimento
IFS - Campus São Cristóvão

SÃO CRISTÓVÃO/SE

2023

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço ao Grande Arquiteto do Universo, que me deu ânimo e me ensinou a ser introspectivo, a olhar para dentro de mim mesmo e mostrar que eu sou uma miniatura Dele, vendo isso, marcho rumo à evolução.

Sou muito agradecido à minha vó Juraci Sores de Jesus que me prestou todos os cuidados desde criança a jovem. Aos familiares e amigos que torceram por mim e às minhas filhas que me serviram de incentivo.

Agradeço ao Instituto Federal de Sergipe (IFS) campus São Cristóvão desde aos gestores, funcionários públicos e terceirizados; aos professores que me acompanharam em toda a minha vida acadêmica, partilhando o seu saber, em especial os professores Emanuele Amorim, Rafaela Cristiane, Raquel Anne e Ingrid Novais; e à banca examinadora que contribuiu para a construção do trabalho de conclusão de curso. Por fim, agradeço a todos aqueles que direta ou indiretamente deixaram suas contribuições em toda a minha vida acadêmica.

“Uma luz invadiu a minha alma e me mostrou que eu estava entre aqueles que dormem, e me disse: Eu vos anuncio o super-homem. O homem existe para ser superado, torna-se um além homem.”

Parafraseando Nietzsche

RESUMO

O amido é um ingrediente de ampla utilização em produtos alimentícios, sendo que na forma nativa é muito sensível às imposições tecnológicas, enquanto que o amido modificado tolera altas temperaturas, diferentes faixas de pH e cisalhamento. Por apresentar tais propriedades, este vem sendo bastante empregado na indústria de carnes, em molhos, na panificação, na confeitaria e em laticínios, para melhorar as características sensoriais e aumentar a vida de prateleira dos produtos. O doce de leite é um produto que apresenta uma elevada concentração de açúcares que, aliada à técnica empregada na sua produção, favorece o aparecimento de cristais de lactose de tamanhos consideráveis, constituindo um problema tecnológico que compromete as características sensoriais do produto e a sua venda. O uso do amido, por propiciar uma maior viscosidade ao doce de leite, pode ser uma alternativa para reduzir o aparecimento dos cristais que são perceptíveis ao paladar do consumidor. Dessa forma, a proposta deste trabalho foi realizar um levantamento bibliográfico sobre a utilização do amido no processamento de alimentos, com ênfase na produção do doce de leite. A metodologia empregada constituiu de pesquisas bibliográficas em materiais impressos e em plataformas digitais científicas, em que foram lidos cerca de 40 artigos científicos associados aos temas amido nativo, amido modificado, doce de leite e cristais de lactose. Os resultados confirmaram que a adição do amido reflete no aumento da viscosidade do doce de leite, fenômeno observado através de análises microscópicas e de viscosidade. Embora o doce de leite venha perdendo sua formulação tradicional devido à adição de outros ingredientes e coadjuvantes permitidos pela legislação, com base nos trabalhos avaliados, a adição de amido não descaracteriza o produto quanto aos parâmetros físico-químicos. No aspecto sensorial, estudos relatam que doces de leite produzidos com adição de amido apresentaram boa aceitação com relação a formulações que não continham amido, assim como o amido dificultou a movimentação das moléculas de lactose, auxiliando na obtenção de doces isentos de cristais por mais tempo. Conclui-se que a utilização do amido na elaboração de doce de leite é relevante para o produto, uma vez que minimiza o problema tecnológico referente ao aparecimento de cristais de lactose.

Palavras-chave: amido modificado; amido nativo; doce de leite; cristais de lactose.

ABSTRACT

Starch is a widely used ingredient in food products that is very sensitive in its native form to technological constraints, while modified starch tolerates high temperatures, different pH ranges, and shear stress. Due to its properties, it is used in the meat industry in sauces, bakeries, confectionery, and dairy products to improve the sensory characteristics, increasing the shelf life of goods. Dulce de leche possesses a high concentration of sugars, which, together with the technique used in its production, encourages the appearance of lactose crystals of considerable size, technical problems that affect the sensitive characteristics of the product and its sale. The use of starch, which provides greater viscosity to dulce de leche, can be an alternative to reduce the appearance of crystals that are perceptible to the consumer's palate. The work aims to carry out a bibliographic survey on the use of starch in food processing, emphasizing the production of dulce de leche. The methodology adopted consisted of bibliographic research in printed materials and digital scientific platforms, in which were read about 40 scientific articles on the themes of native starch, modified starch, dulce de leche, and lactose crystals. Confirmed results increase starch in a viscosity increase of the dulce de leche, a phenomenon observed in microscopic viscosity analyses. With the addition of starch in dulce de leche was thought that the product would be classified incorrectly in physicochemical analysis terms, a fact that did not occur. It is noticeable that dulce de leche lost its traditional formulation due to the addition of other ingredients, which is due to a permissiveness of the legislation. However, even with the addition of these new ingredients and auxiliaries, the dessert complies with the parameters established by the law. In sensory analysis, dulce de leche produced with starch is a favorite by consumers over non-starch ones. It concludes that the use of starch in the preparation of dulce de leche is significant for the stuff since the starch increases the viscosity of the dulce, minimizing the technical problem related to the appearance of lactose crystals in the goods, which makes the dulce with characteristics unpleasant sensory sensations, a reason for complaints for those who appreciate the delicacy and a problem for those who produce and sell the product. Another sensory analysis, this time on the product crystallization, met that the starch impeded the movement of the lactose molecules. This analysis helped to obtain crystal-free confectionery over a while.

Keywords: modified starch; native starch; dulce de leche; lactose crystals.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 OBJETIVOS.....	11
1.1.1 Objetivo Geral.....	11
1.1.2 Objetivos Específicos.....	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 Amido: tipos e características.....	13
2.2 Aplicação do amido no processamento de alimentos.....	15
2.3 Doce de leite: aspectos gerais.....	16
2.3.1 Cristalização em doce de leite.....	18
3 METODOLOGIA.....	20
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
4.1 Efeito do uso do amido na viscosidade do doce de leite.....	21
4.2 Efeito do uso do amido nas características físico-químicas do doce de leite.....	22
4.3 Efeito do uso do amido nas características sensoriais do doce de leite.....	24
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	27
REFERÊNCIAS.....	28

1 INTRODUÇÃO

O amido é um carboidrato de origem vegetal, facilmente extraído do milho, arroz, batata, mandioca, trigo e outros vegetais (BRASIL, 2005), representando a fonte mais importante de carboidratos na alimentação humana (PUNIA, 2019). É regulamentado pela RDC n. 263, de 22 de setembro de 2005, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), que o define como sendo o produto amiláceo extraído de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizomas (BRASIL, 2005).

A utilização do amido como fonte de carboidrato e como espessante e/ou hidrocolóide, que segundo Fani (2015), são substâncias capazes de aumentar a viscosidade de soluções, emulsões e suspensões, confere aos produtos alimentícios algumas vantagens, como aumento no rendimento, maior brilho, capacidade de formação de géis, claridade e alta estabilidade (QUEIROGA, 2015).

O amido pode ser classificado como nativo e modificado. O amido nativo é aquele utilizado na forma como é extraído da natureza, enquanto que o amido modificado é aquele que pode ser obtido por modificação física, química, enzimática ou combinações entre elas. A modificação se faz necessária para que as características conferidas pelo amido aos produtos alimentícios sejam mantidas por mais tempo, uma vez que os amidos nativos apresentam algumas limitações de uso, já que têm sua ação afetada pelas condições de processamento, como temperatura e pH (QUEIROGA, 2015).

O amido modificado está presente em um número grande de produtos alimentícios industrializados, como bebidas, carnes, molhos, sopas, condimentos, confeitados e lácteos (SANTANA; MEIRELES, 2014), conferindo a esses produtos melhorias na estabilidade, maciez, rendimento, crocância e minimizando bastante os efeitos de retrogradação e sinérese no produto (QUEIROGA, 2015).

Em relação à indústria de lácteos, de acordo com a portaria do (MAPA) de nº 354, de 04 de setembro de 1997 - Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Doce de Leite, pode-se produzir doce de leite com ou sem a adição do amido na forma nativa ou modificada (BRASIL, 1997). O doce de leite é basicamente constituído por leite concentrado adicionado de açúcar, podendo ou não conter outros ingredientes (BRASIL, 1997). Apresenta elevado valor nutricional por conter proteínas e minerais, além de conteúdo energético. É um alimento de grande aceitação sensorial e com pouca atividade de água devido ao seu processo de fabricação, o que o torna menos perecível que o leite (COELHO; FREITAS; OLIVEIRA, 2017).

Entretanto, com apenas algumas semanas de fabricação, o doce de leite tende a apresentar formação de cristais de lactose, conferindo ao mesmo, características sensoriais desagradáveis. Por isso, minimizar os efeitos da cristalização resultantes da formação de grandes cristais de lactose é uma das principais dificuldades técnicas que existem na fabricação do doce de leite (PERRONE, 2006).

De acordo com Silva *et al.* (2015), a adição de amido eleva a viscosidade e por isso tem importância tecnológica na diminuição da velocidade de crescimento dos cristais de lactose no doce de leite. Desta maneira, o amido controla a difusão das moléculas solubilizadas e em suspensão, sendo esse efeito bastante influenciado pela concentração do hidrocolóide empregado.

Diante do exposto, este trabalho visou destacar a importância da utilização do amido na indústria de alimentos, bem como abordar o efeito do seu uso na minimização da cristalização da lactose no doce de leite.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Realizar um levantamento bibliográfico sobre a utilização do amido no processamento de alimentos, com ênfase na produção do doce de leite.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar as publicações acadêmicas sobre a utilização do amido na produção de doce de leite visando à minimização da cristalização da lactose;
- Conhecer o efeito do uso de amido nas características físico-químicas e sensoriais do doce de leite.

1.2 JUSTIFICATIVA

O amido é um ingrediente de ampla aplicação na indústria de alimentos, sendo o modificado caracterizado por conferir maior estabilidade aos produtos alimentícios e suportar melhor as imposições tecnológicas comparado com o amido nativo. Por conta disso, tem atraído pequenos e grandes produtores a utilizá-lo na tecnologia de carnes, de leite, de bebidas e na confeitaria. A crescente utilização do amido na indústria de alimentos, em decorrência das propriedades conferidas aos produtos, tem motivado a comunidade científica a pesquisar e inovar nesse segmento, com o intuito de utilizar esse aditivo na produção de produtos alimentícios específicos e assim atender a uma maior diversidade de indústrias.

No doce de leite, a formação de cristais de lactose está entre os problemas tecnológicos mais recorrentes, problema este também constatado no laboratório de processamento de doce de leite do produtor e autor deste trabalho. Considerando que o aparecimento desses cristais compromete a qualidade sensorial do produto e, conseqüentemente, impacta negativamente nas vendas, o que desestimula os produtores, esse fato motivou o interesse em pesquisar e escrever sobre o tema.

Desta forma, este trabalho buscou mostrar a importância da utilização do amido na indústria alimentícia, com ênfase na fabricação de doce de leite, tendo em vista que o uso do amido é um método economicamente barato e minimiza a formação dos cristais, auxiliando assim outros produtores/indústrias que sofrem com esse problema tecnológico e contribuindo para a ampliação dos estudos acerca do tema.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Amido: tipos e características

O amido é formado nos cloroplastos de folhas verdes e amiloplastos, armazenado em organelas de grãos e tubérculos e usado como fonte de carbono e energia nas plantas (ALCAZAR-ALAY; MEIRELES, 2015). O amido é o segundo carboidrato, depois da celulose, encontrado em maior abundância na natureza (ALCAZAR-ALAY; MEIRELES, 2015; ELIASSON, 2006; ZIA-UDDIN; XIONG; FEI, 2017). É definido como o produto amiláceo extraído de fontes vegetais como raízes, tubérculos e cereais como milho, arroz, centeio, trigo e outros (BRASIL, 2005). Além disso, corresponde a um homopolissacarídeo constituído de amilopectina (um polímero de cadeia ramificada) e amilose (um polímero de cadeia linear) (LI *et al.*, 2018).

O amido pode ser de fácil digestão, de lenta digestão ou resistente à mesma. O amido de fácil digestão é hidrolisado e convertido em glicose, em cerca de 20 minutos, e logo é aproveitado pelo organismo, constituindo um material de alto índice glicêmico, sendo um perigo para aqueles que sofrem de diabetes. Já o amido de lenta digestão é hidrolisado em torno de 120 minutos após a ingestão. E por fim, o amido que resiste à digestão é resistente à enzima pancreática, fugindo ao trato digestivo e, portanto, fixando-se no cólon intestinal, sendo consequentemente fermentado pela microbiota local, exercendo funções semelhantes às fibras. Essas particularidades do amido se dão pela complexidade da estrutura do seu grânulo, pela interação com outros nutrientes e pela tecnologia empregada no seu processamento (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2022).

Segundo Demiate e Kotovicz (2011), o amido vem sendo utilizado como fonte de energia pelos seres humanos e animais há muito tempo. Os autores afirmam que indígenas da região Amazônica detinham a tecnologia da produção de amido de mandioca, também conhecido como *polvilho azedo*. A produção de amido de mandioca pelos indígenas era feita de forma artesanal, na qual o produto era fermentado, seco ao sol e, depois de pronto, aproveitado na produção de biscoitos. Já na indústria alimentícia, para a produção de amido de mandioca, as raízes são descascadas, raladas e lavadas com água por meio de peneiras, seguida da decantação ou centrifugação para recuperação do amido, o qual é geralmente seco por meio de flash-secadores (CEREDA *et al.*, 2001).

De acordo com os dados do CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), o volume de moagem de mandioca nas fecularias brasileiras, em junho de 2022, foi

de 230,1 mil toneladas, com uma queda de 5,6 % frente ao registrado em maio e de 4,3 % em relação ao mesmo período do ano passado. Devido às elevações nos preços do derivado, as vendas recuaram por parte dos segmentos consumidores, resultando em diminuição no consumo aparente. A produção da indústria de fécula foi de 59,9 mil toneladas em junho, com redução de 3,9 % frente a maio e de 12,7 % em relação ao mesmo período do ano passado. Apesar disso, no acumulado do semestre, as exportações totalizaram 24 mil toneladas, 66 % acima do registrado nos seis primeiros meses do ano passado, uma vez que em junho, o Brasil exportou 7,22 mil toneladas de amidos modificados, quantidade 38,3 % maior que a registrada em maio e 131,5 % acima da registrada no mesmo período do ano passado (CEPEA/ESALQ, 2022).

Na indústria de alimentos, o amido é largamente empregado como espessante e estabilizante, além de ter função de melhorar a conveniência do processo e a qualidade dos produtos finais (SILVA *et al.*, 2020). Apesar de conferir aos produtos uma gama de benefícios, o amido nativo tem suas limitações, como caráter hidrofóbico em água fria, pobres propriedades mecânicas, um mau substituto de gordura e, além disso, a maioria deles rapidamente sofre o processo de retrogradação (PARK, 2020). O processo de retrogradação é mais recorrente com amidos com alto teor de amilose. Com a redução da temperatura, as moléculas tendem a se reaproximar formando pontes de hidrogênio intermoleculares e liberando a água existente entre as moléculas, fenômeno chamado de sinérese (QUEIROGA, 2015).

A fim de evitar os fenômenos citados acima e garantir um produto de melhor qualidade, a indústria alimentícia pode modificar os amidos nativos, alterando suas propriedades ou características. A modificação pode ocorrer por via química, física e enzimática ou combinações entre elas (PARK, 2020) e para esse processo, pode-se utilizar reatores, centrífugas, temperatura e pH controlados, como também reagentes químicos a exemplo do ferro, cobre, hipoclorito de sódio, peróxido de hidrogênio, ozônio, periodato, permanganato de potássio, ácido cítrico e persulfato de amônia (PEREIRA, 2014). Essas modificações usualmente envolvem oxidação, esterificação, reação de condensação, introdução de ligações cruzadas, entre outras (WANG *et al.*, 2020).

De acordo com Singh (2007) e Masina *et al.* (2017), modificações químicas introduzem grupos funcionais na molécula do amido usando reações de derivatização (por exemplo, eterificação, esterificação, reticulação) ou envolvem reações de degradação (por exemplo, hidrólise e oxidação). As modificações de ordem química são bastante eficientes, porém apresentam desvantagens como o custo dos produtos químicos, resíduos químicos e tratamento de resíduos (THIRUMDAS; KADAM; ANNAPURE, 2017).

Os métodos físicos usam técnicas térmicas ou não térmicas que têm por finalidade mudar as propriedades dos amidos nativos (BEMILLER, 2018). Com a crescente exigência por alimentos mais saudáveis, por parte dos consumidores e órgãos regulamentadores, as indústrias alimentícias têm preferido esses métodos, uma vez que não há utilização de reagentes químicos perigosos, não criam subprodutos prejudiciais após a modificação e são economicamente baratos (PUNIA, 2019; THIRUMDAS; KADAM; ANNAPURE, 2017).

Os métodos de ordem física térmica são pré-gelatinização, hidrotérmico, recozimento e tratamento por calor e umidade. Já os métodos de ordem física não térmicos são processamento a alta pressão, micronização, ultra-sonicação e campo elétrico de pulso (PUNIA *et al.*, 2019). O método de ordem enzimática envolve o uso das enzimas *Bacillus licheniformis* α -amylase e *Bacillus acidopullulyticus* pululanase para a hidrólise da cevada ceroso, e essa tecnologia tem substituído os métodos físico e químico, porque as enzimas são mais seguras e saudáveis do que o método químico, tanto para o meio ambiente como para os consumidores dos alimentos (PARK, 2018).

Por sua vez, o método por modificação dupla ou combinada consiste na combinação entre o método químico/enzimático ou químico/físico para melhorar as propriedades indesejáveis do amido (ADEBOWALE, 2006; HUANG, 2007; LUI; CORKE, 1999; RAINA, 2006; ZAMUDIO-FLORES, 2010). As combinações mais comuns são acetilação/reticulação, oxidação/acetilação e reticulação/hidroxipropilado (PUNIA, 2019).

2.2 Aplicação do amido no processamento de alimentos

O amido é um macronutriente presente em muitos alimentos e sua capacidade de interação com outros nutrientes, como lipídios e proteínas, torna seu uso interessante nas indústrias de laticínios, carnes, panificação e condimentos. Na indústria de alimentos, o amido modificado pode ser usado como agente ligante ou desintegrante; para expandir ou adensar; dar brilho ou tornar opaco; reter a umidade ou inibi-la; produzir textura lisa ou polposa e coberturas leve ou crocante (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2022). Pode ser utilizado também para controlar a uniformidade, estabilidade e textura de sopas e molhos, para resistir à quebra do gel durante o processamento e para aumentar a vida útil dos produtos (SANTANA; MEIRELES, 2014).

Devido aos avanços tecnológicos das indústrias alimentícias e às novas descobertas tecnológicas do amido, o seu uso tem sido mais frequente, sendo esperado que o mercado de derivados de amido cresça de 10,35 bilhões de dólares em todo o mundo, em 2018, para 12,67

bilhões de dólares, em 2023 (GLOBAL-FORESCAST-TO-2023, 2018). O amido tem se destacado mundialmente, e apesar de existirem outros polímeros naturais, como celulose e gomas, o mesmo é preferido pelas diferentes indústrias alimentícias, pelo seu baixo custo, por ser biodegradável e por ser encontrado em grande quantidade no mercado (DAUDT *et al.*, 2014).

Os amidos comerciais são obtidos de cereais, como milho, trigo e diversos tipos de arroz, e de tubérculos ou raízes, como batata e mandioca, sendo os de milho e mandioca os mais utilizados pelas indústrias, embora amidos de diferentes fontes possam fornecer características e propriedades importantes para aplicações industriais (SANTANA; MEIRELES, 2014).

Entre os amidos modificados, os mais utilizados pelas indústrias de alimentos são o de milho ceroso e o de mandioca. O amido de milho ceroso confere pastas de boa clareza, estabilidade e uma boa viscosidade (DEMIANTE; KOTOVICZ, 2011), enquanto o de mandioca confere ausência do sabor de cereal, pastas de alta clareza, baixa temperatura de gelatinização e baixa tendência à retrogradação, comparado com os de cereais (CHE *et al.*, 2007). No setor de sobremesas, por exemplo, o amido de mandioca tem sido o preferido por não deixar gosto de cereal no produto final, uma vez que a retirada do glúten ou proteína da mandioca no processamento do amido é mais eficiente em detrimento ao fabrico do amido de milho (ADITIVOS & INGREDIENTES, 2022). No Quadro 1, podem ser visualizadas algumas aplicações do amido em indústrias alimentícias com suas respectivas finalidades.

Quadro 1 - Uso do amido pela indústria de alimentos e suas respectivas funções.

Indústrias	Funções do amido
Laticínios	Conferir textura, cremosidade, brilho e estabilidade.
Carnes	Agente ligante para unir a carne, a água e a matéria graxa; absorção de água, deixando os produtos mais macios e proporcionando mais rendimento; e tolerância à temperatura e acidez.
Confeitaria	Conferir textura, secagem de balas e agente ligante.
Panificação	Diminuição da força do glúten, redução do tempo de cocção e melhoria das características sensoriais.

Fonte: Adaptado de Aditivos & Ingredientes (2015).

2.3 Doce de leite: aspectos gerais

A legislação brasileira descreve o doce de leite como sendo basicamente a concentração

de leite e açúcar sob aquecimento, podendo levar ou não outros ingredientes, como cacau, chocolate, coco, amendoim, amido e outros produtos alimentícios (BRASIL, 1997). O doce de leite pode ser elaborado e comercializado em pasta ou em barra, tem cor marrom, resultante da reação de *Maillard*, apresenta sabor característico ao do leite, possui elevado valor nutricional por conter proteínas e minerais (FEIHRMANN; CICHOSKI; REZENDE, 2004) além de outros nutrientes como lipídios, cálcio, magnésio e outros, essenciais para a nutrição humana (TACO, 2011). Além disso, é bem mais duradouro que a sua matéria-prima principal: o leite (COELHO; FREITAS; OLIVEIRA, 2017). Os requisitos físico-químicos estabelecidos para o doce de leite estão definidos no item 4.2.2 da Portaria nº 354, de 04 setembro de 1997, do MAPA, que estabelece os padrões de identidade e qualidade (PIQ) para o produto, os quais estão dispostos na Tabela 1.

Tabela 1- Requisitos físico-químicos do doce de leite.

Composição Centesimal	Percentual
Umidade	máximo 30 %
Cinzas	máximo 2,0 %
Matéria gorda	mínimo 5,0 %
Proteína	6,0 a 9,0 %

Fonte: Adaptado de BRASIL (1997).

No Brasil, a produção de doce de leite é feita de forma artesanal, por pequenos produtores do campo e da cidade, e por algumas indústrias (FRANCISQUINI *et al.*, 2019). Minas Gerais é responsável por aproximadamente 50 % da produção de doce de leite no país (NOGUEIRA *et al.*, 2018). Cada região detém suas particularidades, seja na formulação ou no modo de fazer, o que confere características físico-químicas e sensoriais diferentes ao produto final, tornando difícil a sua padronização. Existe uma gama de possibilidades para uso do doce de leite, tais como consumo direto como sobremesa, uso em bolos e sorvetes como recheio, entre outras (COELHO; FREITAS; OLIVEIRA, 2017).

O equipamento mais empregado para a fabricação do doce de leite é o tacho (Figura 1), caracterizado por possuir uma camisa interna de aço inox e uma camisa externa para a entrada de vapor (NOGUEIRA *et al.*, 2018). O doce de leite em barra é produzido em tachos abertos, com teores de açúcares maiores que o doce de leite em pasta, aplicando-se a operação unitária de evaporação, que proporciona a eliminação de parte da água presente no leite, até atingir teor

de sólidos solúveis de 84 °Brix (STEPHANI *et al.*, 2019). Aplica-se ainda a técnica de bateção, a fim de induzir a cristalização da lactose e da sacarose, caracterizando-se como um doce com pouca umidade e de textura sólida. No doce de leite em pasta, por sua vez, emprega-se tecnologia semelhante, porém com teor de umidade maior, menor quantidade de açúcares e uma concentração de sólidos solúveis de 68 a 70 °Brix, apresentando-se como um produto final não cristalizado e com textura pastosa e uniforme (GAZE *et al.*, 2015) RANALLI; ANDRÉS; CALIFANO, 2011).

Figura 1 - Tacho para fabricação de doce de leite.



Fonte: NOGUEIRA *et al.* (2018).

O doce de leite, que é basicamente a concentração de leite e açúcares sob aquecimento, pode conter outros ingredientes ou espessantes. Os açúcares mais utilizados são a sacarose ou uma mistura deste com glicose ou outro monossacarídeo; como espessante, usa-se o amido nativo ou modificado na proporção de 0,5 g/100 mL de leite. Caso seja adicionado outro espessante que não seja o amido, o doce é caracterizado como doce de leite para confeitaria; a adição de cacau, baunilha e outros sabores caracteriza o doce de leite como doce de leite misto, que também pode ser denominado de “doce de leite de (acrescido do nome do ingrediente adicionado)” (BRASIL, 1997).

2.3.1 Cristalização em doce de leite

Um das principais dificuldades tecnológicas do doce de leite é evitar o aparecimento de cristais de açúcar no produto, que ocorre após semanas de fabricação. De acordo com McCabe *et al.* (1993), a cristalização é a formação de partículas sólidas dentro de uma fase homogênea, em que o processo de crescimento de cristais é caracterizado como difusional, ou seja, moléculas solúveis ou íons alcançam as faces crescentes dos cristais por meio da difusão pela fase líquida. “Após a barreira de energia para a formação de novo cristal ser vencida, todo

o sistema espontaneamente se ajusta para um estado de grande estabilidade, que é manifestado pela deposição regular do excesso de soluto nas várias faces do cristal” (JANCIC; GROOTSCHOLTEN, 1984 apud PERRONE, 2006).

O aparecimento de cristais acontece devido à elevada relação lactose/água, uma vez que, para se obter o doce, parte da água é eliminada no processo de cocção, fazendo com que a relação final lactose/água ultrapasse a faixa de saturação. Um outro fator também importante é a resistência que a lactose tem em se dissolver após o resfriamento do doce. Nessas condições, portanto, é inevitável que ocorra a cristalização da lactose devido à sua baixa solubilidade aliada à adição de sacarose em uma solução supersaturada de lactose, em que ocorre agitação e resfriamento (STEPHANI *et al.*, 2019).

De acordo com Hartel (1993), a taxa de crescimento de cristais de sacarose em alimentos depende de fatores como supersaturação, temperatura, viscosidade da solução, taxa de agitação, pH e da densidade dos cristais. O doce de leite em barra é o mais sujeito à cristalização, comparado com outros concentrados de leite, como o doce em pasta e o leite condensado, o que se deve ao fato do primeiro ter maiores concentrações de açúcares e menor teor de água, caracterizando-se como uma solução supersaturada, além de ser empregada a técnica de bateção a fim de induzir a cristalização da lactose e sacarose (STEPHANI *et al.*, 2019).

A arenosidade apresentada no doce, em decorrência da cristalização, não é apreciada pelos consumidores (GIMÉNEZ; ARES; GÁMBARO, 2008). De acordo com Fox (1998), a textura arenosa é perceptível ao paladar quando os cristais excedem o tamanho de 16 μm . Já para Walstra *et al.* (2001), a arenosidade é percebida quando os cristais de lactose apresentam tamanho maior que 10 μm .

Diferentes alternativas são apontadas para controlar a cristalização em doce de leite. A arenosidade pode ser amenizada, por exemplo, através da indução da cristalização, pela adição de núcleos de cristalização, objetivando a formação de cristais de tamanhos menores. A produção de doces de leite mais viscosos também é uma maneira de controlar a formação de cristais, podendo ser utilizado amido ou um outro espessante, a fim de atingir a viscosidade desejada. Outra alternativa para conter a formação de cristais é a partir da hidrólise parcial ou total da lactose através da adição da enzima β galactosidase (lactase) (PENCI; MARÍN, 2016; STEPHANI *et al.*, 2019).

3 METODOLOGIA

Este trabalho consiste em uma revisão de literatura, através de pesquisas realizadas em materiais impressos e em plataformas digitais científicas como Google Acadêmico, SciELO e Science.gov e outros. O ano de publicação das fontes pesquisadas foi abrangente devido à escassez de materiais entre os últimos 5 anos. A pesquisa teve início em maio de 2021 e se estendeu até dezembro de 2022. Os termos que nortearam a busca pelas publicações foram amido modificado, amido nativo, doce de leite, cristais de lactose, viscosidade e cristalização do doce de leite.

Os critérios de escolha das publicações a serem utilizadas neste trabalho foram baseados na relação entre a abordagem das mesmas e os objetivos propostos neste estudo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Efeito do uso do amido na viscosidade do doce de leite

Vários autores vêm pesquisando e realizando experimentos científicos sobre o efeito da adição do amido na viscosidade do doce de leite. A seguir são descritos alguns estudos que abordaram a utilização de amido nativo e/ou modificado na elaboração desse tipo de produto.

Segundo Silva *et al.* (2015), a adição de amido na dosagem de 0,5 % sobre o volume de leite contribui para o controle da cristalização da lactose durante o armazenamento do doce de leite. Esse fato é atribuído à elevação da viscosidade, propriedade do amido cuja importância tecnológica é explicada por Terán-Ortiz (1998) ao afirmar seu efeito na diminuição da velocidade de crescimento dos cristais de lactose no doce de leite, controlando a difusão das moléculas solubilizadas e em suspensão.

Perrone *et al.* (2011) avaliaram a viscosidade de doces de leite elaborados a partir de três formulações (com adição de amido de mandioca modificado por oxidação, de amido de milho modificado por acidificação e sem adição de amido - formulação controle). Os resultados das análises de viscosidade foram de 26.300 Pa.s para a primeira formulação, de 19.500 Pa.s para a segunda e, por fim, de 11.300 Pa.s para a terceira formulação (controle), confirmando que a adição do amido reflete no aumento da viscosidade deste produto.

Colombo *et al.* (2009), utilizando amido de milho nativo (0,5 % m/v) em 5 formulações de doce de leite, só observaram aumento de viscosidade após 60 minutos de aquecimento com adição do amido ao produto, obtendo resultados de viscosidade no produto final (23.840 Pa.s) semelhantes aos de Perrone *et al.* (2011). Bobbio e Bobbio (1992 apud COLOMBO *et al.*, 2009) acreditam que a viscosidade acontece devido ao aumento do grânulo do amido de milho nativo, o qual, após 60 minutos de fervura, é rompido, expondo-se assim a cadeia de amilose, que acaba se expandindo devido à sua exposição ao meio. Esse fenômeno foi percebido por Colombo *et al.* (2009) em análises microscópicas. Ainda segundo os autores, no doce de leite produzido com amido de milho nativo com tempo de fervura inferior a 60 minutos, não houve exposição da cadeia de amilose ao meio e, conseqüentemente, não aconteceu a hidratação/expansão da amilose, resultando em um doce com pouca viscosidade (COLOMBO *et al.*, 2009). Não havendo um aumento de viscosidade no doce atribuída à utilização do amido ou outro espessante, as moléculas solúveis ou íons alcançam as faces crescentes dos cristais por meio da difusão pela fase líquida, ou seja, parte da lactose que encontra-se livre no produto, por não encontrar barreiras, começa a se fundir com os cristais já presentes, aumentando assim

o tamanho dos mesmos (TERÁN-ORTIZ, 1998 apud COLOMBO *et al.*, 2009).

Machado (2005) elaborou doces de leite com diferentes quantidades de amido de milho modificado (0,25, 0,50 e 0,75 % m/v sobre o volume do leite) e observou que o amido dificultou a movimentação das moléculas de lactose, auxiliando na obtenção de doces isentos de cristais por mais tempo, os quais não apresentaram cristais perceptíveis ao longo de 12 meses. Os resultados evidenciaram que o retardamento do aparecimento dos cristais se deu por conta da adição de amido modificado, uma vez que, segundo observações de Margas (1982), a adição de amido de milho modificado na fabricação de doce de leite proporciona a retenção de água no produto, o que dificulta a movimentação das moléculas de lactose, impedindo assim que a cristalização ocorra, diferente do doce produzido sem amido, que apresentou cristais não perceptível ao paladar após 9 meses de fabricação, sob refrigeração. Já Santos *et al.* (1977 apud MACHADO, 2005) e Pinto (1979 apud MACHADO, 2005) perceberam que a formação de cristais em doces produzidos sem amido ocorre com 30 a 45 dias quando estocados em temperatura ambiente.

Ainda sobre esse estudo de Machado (2005), a formulação com 0,25 % de amido foi a que mais se destacou, por promover a menor incidência de cristais; já a que utilizou a maior quantidade de amido (0,75 %) foi a que apresentou maior quantidade de cristais não perceptíveis, o que não era esperado pois, em geral, doces com maior porcentagem de amido de milho resultam em um aumento de viscosidade e de consistência e não apresentam separação de fases durante maior tempo de estocagem. Provavelmente, fatores como o controle do tempo e temperatura do resfriamento podem ter contribuído para a formação de cristais (MACHADO, 2005).

4.2 Efeito do uso do amido nas características físico-químicas do doce de leite

Machado (2005), ao realizar análise físico-química de doce de leite com diferentes percentuais de amido de milho modificado, observou que a composição média dos doces foi afetada. Na Tabela 2 tem-se um comparativo dos resultados obtidos pelo autor com os teores exigidos pela legislação (PIQ).

Tabela 2 - Características físico-químicas de doces de leite elaborados com diferentes percentuais de amido de milho modificado.

Composição (%)	Percentual de amido				PIQ
	0 %	0,25 %	0,50 %	0,75 %	
Umidade	37,36	38,49	39,80	35,64	Máx. 30 %
Gordura	6,75	6,55	6,25	6,65	6 a 9 %
Cinzas	0,82	0,66	0,63	0,65	Máx. 2 %
Proteína	6,00	5,86	5,86	5,81	Min 5%

Fonte: Adaptado de MACHADO (2005).

Machado (2005) encontrou resultados de umidade elevados, como já observado por Konkel *et al.* (2004). Tal fato ocorre pela retenção de água pelo amido, resultando em doces com consistência adequada, mesmo com teor de umidade elevado, inclusive acima do limite máximo estabelecido pela legislação vigente (30 %), conforme Tabela 2. Turcatel *et al.* (2014) sugerem que isso tenha ocorrido devido ao tempo de cocção e ao teor de açúcar do produto, que são determinantes para obtenção da umidade desejada, como também pela maior quantidade, em proporção, de leite. Os autores ainda sugerem que a ausência de padronização e a perda de identidade do produto podem estar associadas à adição de outros ingredientes permitidos pela legislação.

Com os avanços tecnológicos e um número crescente de espessante, coadjuvante e outros aditivos para uso nas indústrias de alimentos, Turcatel *et al.* (2014) discutem se há descaracterização do doce de leite pastoso, já que muitas indústrias de laticínios aproveitam esses inúmeros aditivos e ingredientes na produção de doce de leite. Os autores mencionados compararam as características físico-químicas (umidade, lipídios, cinzas e proteínas) de doces adquiridos no comércio local da cidade de Curitiba/PR, sendo uma das amostras elaborada com ingredientes tradicionais (leite, sacarose, sorbato de potássio e bicarbonato de sódio) - doce de leite padrão (DLP) e outras 5 formulações (DLI, DLII, DLIII, DLIV, DLV) elaboradas com adição de amido de milho e amido modificado (exceto DLII), enzimas, pectina, xarope de glicose, aroma sintético idêntico ao natural de baunilha e outros coadjuvantes. Os autores concluíram que o doce de leite vem perdendo sua formulação tradicional devido à adição de outros ingredientes, o que pode ser atribuído a uma permissividade da legislação, porém, mesmo com a adição desses novos ingredientes e coadjuvantes, o doce está de acordo com os parâmetros estabelecidos pela legislação (PIQ).

Tabela 3. Resultados das análises físico-químicas obtidas por Turcatel *et al.* (2014).

Amostra	DLP	DLI	DLII	DLIII	DLIV	DLV	PIQ
Umidade (g/100g)	36,79±0,10*	25,97±0,12	26,86±0,35	26,73±0,62	22,41±0,23	26,34±0,31	Máx. 30g/100g
Cinzas (g/100g)	1,87±0,01*	1,14±0,02*	1,87±0,02	1,82±0,03	1,39±0,01*	1,63±0,02*	Máx. 2
Lipídio (g/100g)	8,85±0,83*	4,01±0,21*	7,65±0,17*	8,85±0,18	7,87±0,13	6,91±0,04*	6 – 9
Proteínas (g/100g)	7,28±0,10*	3,97±0,08*	7,08±0,14	7,06±0,59	6,13±0,12	7,48±0,21	Mín. 5g/100g

DL: Doce de Leite; DLP: Doce de Leite Padrão; * Amostras que diferem estatisticamente ($p < 0,05$) em relação à amostra DLP, PIQ: Padrão de identidade e Qualidade

Fonte: Adaptado de Turcatel *et al.* (2014).

Quanto à divergência encontrada no teor de umidade do doce de leite padrão e o teor estabelecido na legislação (PIQ), Turcatel *et al.* (2014) sugerem que isso tenha ocorrido devido ao tempo de cocção, ao teor de açúcar do produto e à proporção de leite, que são determinantes para a obtenção da umidade desejada. Segundo os autores, os valores de cinzas e proteínas também são proporcionais ao valor de leite utilizado.

4.3 Efeito do uso do amido nas características sensoriais do doce de leite

O desenvolvimento da análise sensorial é um campo essencial na indústria de alimentos, uma vez que contribui direta ou indiretamente para atividades como desenvolvimento de novos produtos, controle de qualidade, reformulação e redução de custos de produtos (KONKEL *et al.*, 2004).

Konkel *et al.* (2004) avaliaram os efeitos do uso de amido na preferência de seis amostras de doce de leite pastoso, aplicando o teste de ordenação e o teste de afetividade. Os resultados do teste de ordenação mostraram que as amostras 2 e 3 (que continham amido em sua formulação, 1,3 g/100mL de leite e 2,9g/100mL de leite, respectivamente) foram as preferidas dos consumidores em relação à formulação 1 (que não continha amido). Em um outro teste de ordenação, dessa vez utilizando amido em todas as amostras, na amostra 4 (0,4 g/100mL de leite) optou-se por utilizar a quantidade de amido próxima à máxima permitida pela legislação (0,5 g/100mL de leite) e nas amostras 5 (1,3 g/100mL de leite) e 6 (2,9g/100mL de leite) quantidades de amido superior à permitida, sendo a amostra 6 a mais preferida pelos consumidores, não havendo diferença estatística significativa entre as amostras, ao nível de 5 % de significância, quanto à preferência pelas mesmas (KONKEL *et al.*, 2004).

Konkel *et al.* (2004), ainda avaliando as três últimas amostras discutidas no

parágrafo anterior, quanto aos atributos cor, consistência e sabor, observaram que a amostra 5 foi a que apresentou a maior aceitação, com nota 8 na escala hedônica, que se referiu a “gostei muito”. Com relação ao atributo doçura, a amostra 6 foi a que mais se destacou, com nota 8 na escala hedônica, o que deve ter ocorrido, por um lado, pelo fato de o amido diminuir a capacidade de dissolução do doce e de sensibilização das células gustativas. Por outro lado, o excesso de amido pode ter deixado gosto residual na amostra 6, resultando na preferência pelo sabor da amostra de número 5. No entanto, o resultado do método confirmou não haver diferença significativa ($p > 0,05$) entre a preferência pelas amostras.

Machado (2005) realizou análise sensorial de doces de leite elaborados com diferentes concentrações de amido de milho (0 %, 0,25 %, 0,5 % e 0,75 %), com 30 provadores, e obteve resultados em relação à aparência, analisando logo após a fabricação e com 3 e 6 meses de estocagem. Foi observado que os doces elaborados sem amido ou com amido de milho modificado, independente da concentração, não diferiram entre si logo após a fabricação com relação à aceitação da aparência, e obtiveram médias de aceitação que oscilaram entre “nem gostei/nem desgostei” até “gostei moderadamente” na escala hedônica. Com três meses, os doces a 0 % de amido e com percentuais de 0,25 e 0,5 % obtiveram notas menores, oscilando entre “nem gostei/nem desgostei” e “gostei ligeiramente”, os quais não apresentaram diferença entre si ($p < 0,05$). Já com 6 meses de fabricação, a maioria dos doces tiveram notas menores, porém, o doce com menor aceitação foi o doce sem a utilização de amido, com média correspondente na escala hedônica aos termos “desgostei moderadamente” e “desgostei ligeiramente”. Machado (2002) acredita que o tempo de estocagem estaria interferindo no comportamento dos doces, observando-se uma diminuição das notas com relação à aparência com 6 meses de fabricado.

Em relação à avaliação sensorial, concernente à impressão global do produto após a fabricação, os doces com utilização de amido, não diferiram entre si. Já com 3 meses, os doces com 0,25 % e 0,50 % de amido foram os que apresentaram menor aceitação, com médias oscilando entre os termos “nem gostei/nem desgostei” e “gostei ligeiramente”. Porém, com 6 meses de avaliação, as notas caíram um pouco, tendo o tempo de estocagem influenciado negativamente na aceitação dos doces em relação à avaliação global (MACHADO, 2005).

Utilizando o teste sensorial de Escala do Ideal, foi observado que o doce

produzido sem adição de amido apresentou uma cor “ideal” para quase 50 % dos provadores, diferente dos doces com adição de amido que foram classificados pelos provadores como “ligeiramente mais claro que o ideal”, logo após a fabricação. Essa cor clara se dá pela retenção de água pelo amido, pois há menos água disponível para a reação de *Maillard*, diminuindo a formação de pigmentos escuros. Doces com porcentagens de amido resultam em doces mais claros, diferente de doces com porcentagens de soro de queijo, que têm sua cor mais próxima do ideal, escurecimento que se dá pelo teor de lactose presente em doces elaborados com a mistura de leite com soro, já que o soro é rico nesse dissacarídeo que favorece a reação de *Maillard*. Machado (2005) percebeu também que doces produzidos com adição de soro de queijo e adição de amido proporcionaram melhoria na aparência e resultados como “gostei ligeiramente” e “gostei muito” na escala hedônica, atributos esses que superaram o doce de leite tradicional.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa mostrou que a utilização do amido na elaboração de doce de leite é significativa para o produto, já que o amido eleva a viscosidade do doce, minimizando o problema tecnológico referente ao aparecimento de cristais de lactose, que torna o doce com características sensoriais não agradáveis, sendo motivo de reclamação para aqueles que apreciam a iguaria e um problema para aqueles que produzem e comercializam o produto.

Os resultados das análises físico-químicas indicados nos estudos avaliados apontaram que a utilização do amido no doce de leite não descaracteriza o produto, mantendo o mesmo dentro das características exigidas pela legislação brasileira. Por sua vez, os resultados sensoriais mostraram que a utilização do amido contribui para a nãoformação de cristais de lactose de tamanhos e números perceptíveis ao paladar, além de não causar alterações referentes ao sabor do produto, desde que sejam obedecidos os limites de uso exigidos na legislação.

Dessa forma, a utilização do amido é uma alternativa viável, uma vez que não eleva o custo do produto, por ser um método economicamente barato, acessível e satisfatório tecnologicamente, resolvendo assim um problema enfrentado por pequenos e grandes produtores de doce de leite.

A metodologia empregada para a construção do presente trabalho permitiu acessar outros métodos e tecnologias sugeridas para resolver o problema tecnológico (aparecimento de cristais de lactose) enfrentado pelos produtores de doce de leite. As tecnologias sugeridas foram o uso de enzimas (a lactase), a redução da sacarose somada com um monossacarídeo, a sementeira de cristais de lactose que limita o crescimento de cristais pré-existentes (nucleação secundária), dentre outras, as quais não foram abordadas no presente trabalho, podendo ser exploradas em trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS

ADEBOWALE, K.O.; AFOLABI, T.A.; OLU-OWOLABI, B.I. Functional, physicochemical and retrogradation properties of sword bean (*Canavalia gladiata*) acetylated and oxidized starches. 2006. **From the journal Carbohydrate Polymers**, v.65, issue 1, Start Page,93,2013. Disponível em: <<https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=US201301091239>>. Acesso em: 18 set. 2022.

ADITIVOS & INGREDIENTES. **Amido**. Disponível em: <http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/568.pdf>. Acesso em: 18 set. 2022.

ALCA'ZAR-ALAY, S.C.; MEIRELES, M.A.A. Physicochemical properties, modifications and applications of starches from different botanical sources. 2015. **Food Science and Technology**, Campinas 35 (2), June 2015, <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6749>.

BEMILLER, J. N. Physical modification starch. **In Starch in Food**. Structure, Function and Applications Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition 2018. January 2018, DOI:[10.1016/B978-0-08-100868-3.00005-6](https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100868-3.00005-6) In book: Starch in Food (pp.223-253).

BRASIL. **Resolução – RDC, Nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Disponível em: <http://antigo.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RDC_263_2005.pdf/d6f557da-7c1a-4bc1-bb84-fddf9cb846c3?version=1.0>. Acesso em: 18 ago. 2021.

BRASIL. **Portaria MAPA nº 354, de 04 de setembro de 1997 - Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Doce de Leite**. Disponível em: <<https://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=08/09/1997&jornal=1&pagina=37&totalArquivos=160>>. Acesso em: 18 ago. 2021.

CEREDA, M.P.; FRANCO, C. M. L.; DAIUTO, E. R.; DEMIATE, I. M.; CARVALHO, L. J. C. B.; LEONEL, M.; VILPOUX, O. F.; SARMENTO, S. B. S. **Propriedades Gerais do Amido**. Campinas – SP, v.1, 224 p, 2001.

CEPEA/ESALQ. **Boletim da Mandioca**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/revista/pdf/0489658001658950713.pdf>>. Acesso em: 18 set. 2022.

CHE, L. M.; LI, D.; WANG, L.J.; CHEN, X. D.; MAO, Z. H. Micronization and hydrophobic modification of cassava starch. 2007. **International Journal of Food Properties**, v. 10, p. 527-536, 2007. <http://dx.doi.org/10.1080/10942910600932982>

COELHO, A.N.; FREITAS, C. E.; OLIVEIRA, H.R.D. **Influência do teor de gordura na**

percepção da doçura de doce de leite pastoso. 2017.Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Laticínios) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – Campus Rio Pomba, 2017.Disponível em: <https://www.ifsudestemg.edu.br/documentosinstitucionais/unidades/riopomba/departament os-academicos/ciencia-e-tecnologia-de-alimentos/ciencia-e-tecnologia-de-alimentos/2017/influncia_do_teor_de_gordura_na_percepo_da_doura_de_doce_de_leite_pa stoso.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2021.

COLOMBO, M.; PERRONE, I. T.; STEPHANI, R.; SILVA, P. H. F. Avaliação da viscosidade durante a fabricação do doce de leite tradicional adicionado de amido de milho nativo. **Rev. Inst. Latic.** “Cândido Tostes”, Minas Gerais, Set/Out, nº 370, 64: Pág. 14-17, 2009.

DEMIATE, I. M.; KOTOVICZ, V. **Amido de Mandioca na Indústria Brasileira.** 2011.CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. Campinas, 31 (2), 2011. ISSN 0101-2061.

DAUDT, R.M.; GUERREIRO, I.C.K.; OLIVEIRA, F.C.; THYS, R.C.S.; MARCZAK, L.D.F. Determination of properties of pinhão starch: Analysis of its applicability as pharmaceutical excipient.2014. **Industrial Crops and Products**, vol 52, pages 420-429.

ELIASSON, A.C. **Carbohydrates in food** (2006) (2nd ed.). London, UK, SAD. <https://doi.org/10.1201/9781420015058>

FANI, M. **Hidrocolóides.** Disponível em:<http://www.insumos.com.br/aditivos_e_ingredientes/materias/385.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2021.

FEIHRMANN, A.C.; CICHOSKI, A.J.; REZENDE, D. F. **Doce de leite (revisão).** **Higiene Alimentar**, v. 18, n. 118, p. 21-23, 2004.

FOX, P. F. **Developments in Dairy Chemistry - 3: Lactose and Minor Constituents. (2a ed.), Elsevier Applied Science Publishers.** (1998)

FRANCISQUINI, J. D. ROCHA, J. MARTINS, E. STEPHANI, R. SILVA, P. H. F. RENHE, I. R. T. PERRONE, I. T. & CARVALHO, A. **5-Hydroxymethylfurfural formation and color change in lactose-hydrolyzed Dulce de leche.** 2019 Journal of Dairy Research, 86, 477-482.

GAZE, L. V. COSTA, M. P. MONTEIRO, M. L. G. LAVORATO, J. A. A. JUNIOR, C. A. C. RAICES, R. S. L. CRUZ, A. G. & FREITAS, M. Q. (2015). **Dulce de Leche, a typical product of Latin America: characterisation by physicochemical, optical and instrumental methods.**2015 Food Chemistry, 169, 471– 477.

GIMÉNEZ, A. ARES, G. & GÁMBARO, A. **Consumer perception of sandiness in dulce de leche.** .2008. Journal of Sensory Studies, 23, 171-185.

GLOBAL-FORECAST-TO-2023. **Modified starch market by raw material (corn, cassava, potato, and wheat), application [F&B (bakery & confectionery, ceverages, and processed foods), animal feed, and industrial], function, and region.** (2018).

HUANG, ZQ, Lu, JP, Li, X.-H., and TONG, ZF. **Effect of mechanical activation on physicochemical properties and structure of cassava starch.** *Carbohydrate Polymers* .2007.68:128– 135.

HARTEL, R. W. Controlling sugar crystallization in food products. **Food Technology**, Chicago, v. 47, n. 11, p. 99-107, Nov. 1993.

KONKEL, F. E.; OLIVEIRA, S. M. R.; SIMÕES, D. S. R.; DEMIANTE, I. M. **Avaliação sensorial de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de amido.**2004. Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 24(2): 249-254, abr.-jun. 2004

LI, H. Y. WEN, J. WANG, AND B. SUN. **Relations between chain length distribution, molecular size, and amylose content of rice starches.** 2018. *International Journal of Biological Macromolecules* 120 (Pt B):2017–25. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2018.09.204.

LUI, H. and CORKE, H. **Physical properties of cross linked and acetylated normal and waxy rice starch.**1999. *Starch-Stärke* 51:249-252.

MACCABE, W. L.; SMITH, J. C.; HARRIOTT, P. **Unit operations of chemical engineering.** 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1993. 1130 p.

MACHADO, L. **Uso de soro de queijo e amido de milho modificado na qualidade de do doce de leite pastoso.** 2005. (Tese Para a obtenção do título de Doutor em Tecnologia em Alimentos) - Universidade Federal de Campinas, São Paulo, 2005.

MARGAS, M. M.; COELHO, D. T.; CHAVES, J. B. P.; MARTYN, M. E. L. Influência da gordura da glicose e do amido na cristalização do doce de leite. **Revista do Instituto de Laticínio Cândido Tostes**, v.37, n. 221, p. 25-29, 1982.

MASINA, N. YE CHOONARA, P. KUMAR, LC DU TOIT, M. GOVENDER, S. INDERMUN, AND V. PILLAY. **A review of the chemical modifica tion techniques of starch.** *Carbohydrate Polymers*.2017. 157:1226–36. doi:10.1016/j.carbpol.2016.09.094.

NOGUEIRA, M. MENDES, A.SILVA, G. SIMÃO, M. PERRONE, T. CARVALHO, F.**Produção de doce de leite.** 89ª semana do fazendeiro, Viçosa, MG: Editora da UFV, 2018.

PARK, S. E KIM,YONG-RO.**Amido de rótulo limpo: produção, características físico-químicas e aplicações industriais** ,2020.

PARK, SH, NA, Y. KIM, J. DAL KANG, S. & PARK, KH. **Properties and applications of starch modifying enzymes for use in the baking industry.** 2018.*Food science and biotechnology*, 27(2), 299-312.

PENCI M. & MARIN, M. (2016). Dulce de leche: technology, quality, and consumer aspects of the traditional milk caramel of south america. **Traditional Foods**, 123 – 136.

PERRONE, T. **Efeito da Nucleação Secundária Sobre a Cristalização do Doce de Leite**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2016.

PERRONE, I. T.; RENHE, I. R.T.; PEREIRA, J. P. F.; COLOMBO, M.; COELHO, J. S.; MAGALHAES, F. A. R. Influência de diferentes espessantes nas características sensoriais do doce de leite para confeitaria. **Rev. Inst. Latic. Cândido Tostes**, Minas Gerais, Mar/Abr, no 379, 66, 45:50, 2011.

PEREIRA, J. M. (2014). **Oxidação do amido de milho com hipoclorito de sódio e peróxido de hidrogênio**. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão. 47p.

PUNIA, S. **Barley starch: Structure, properties and in vitro digestibility - A review**. (2019) **International Journal of Biological Macromolecules**. doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.11.219.

QUEIROGA, A. **Amido**. FOOD INGREDIENTS BRASIL, Nº 35, 2015, São Paulo. Disponível em: <https://revista-fi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060971570001466691578.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2021.

RAINA, C.S. SINGH, S. BAWA, A.S.and Saxena, DC. **Some characteristics of acetylated, cross-linked and dual modified Indian rice starches**.2006. European Food Research and Technology 223:561-570.

RANALLI, N., ANDRÉS, S. C., & CALIFANO, A. N. (2016). Rheological Behavior of Low-Fat Dulce De Leche with Added Xanthan Gum. **Journal of Food Processing and Preservation**, 41(4), 1-8.

SANTANA, Á. e MEIRELES, A. **New Starches are the Trend for Industry Applications: A Review**. Food and Public Health, **Escola de Engenharia de Alimentos**, Universidade de Campinas, Brasil 2014. Disponível em: <https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt-BR&as_sdt=0%2C5&q=santana+e+meireles+&oq=>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

S. PUNIA, **Modificações do amido de cevada: Físico, químico e enzimático - A revisão**, International Journal of Biological Macromolecules(2019), <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.088> = Acesso em: 02 outubro. 2022.

SILVA, J. BOGDAN, J. VIEIRA, V. KLOSOSKI, S. BARÃO, C. PINHEIRO, K. PIMENTEL, T. **Amido de mandioca modificado por oxidação: propriedades físicas e químicas e perfil de textura de géis**. 2020. Research, Society and Development, v. 9, n. 10, e9089108238, 2020 (CC BY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i10.8238>

SILVA, F. FERREIRA, H. SOUSA, A. ALMEIDA, D. STEPHNI, R. PIROZI, M. CARVALHO, A. PERRONE, T. **Production of dulce de leche: The effect of starch**

addition. LWT Food Science and Technology, v. 62, p. 417-423, 2015.

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

STEPHANI, R. FRANCISQUINI, J. PERRONE, Í. T, DE CARVALHO, A. F. & DE OLIVEIRA, L. F. C. **Dulce de Leche - chemistry and processing technology.** In *Milk Production, Processing and Marketing*. 2019.(pp. 1-18). London: IntechOpen.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.** 4a Ed. Unicamp. Campinas – SP.2011. Disponível em: https://www.cfn.org.br/wp-content/uploads/2017/03/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf acessado em: 13 de dezembro de 2022.

TERÁN-ORTIZ, G. P. **Efeito de adição de gomas xantana e locusta na**

cinética de inibição de cristalização de açúcares em doce de leite. 1998. 80 p.

THIRUMDAS, R.; KADAM, D.; ANNAPURE, U. S. **Cold plasma: An alternative technology for the starch modification.** 2017.*Food Biophysics*, 12(1), 129–139. <https://doi.org/10.1007/s11483-017-9468-5>

TURCATEL, L. C.; PIRES, P. F. F.; DINIZ, P. R.; FERREIRA, S. M. R.; ALVES, M. A. O.; BEUX, M. R. Que doce de leite é esse? Uma discussão sobre o padrão de identidade e qualidade do doce de leite pastoso. 2014.*Rev Inst Adolfo Lutz* DOI: 10.18241/0073-98552014731620

WANG, X., HUANG, L., ZHANG, C., DENG, Y., XIE, P., LIU, L., & CHENG, J. (2020). Research advances in chemical modifications of starch for hydrophobicity and its applications: A review. *Carbohydrate Polymers*, 116292.

WALSTRA, P. GEURTS, T. J. NOOMEN, A. JELLEMA, A. & VAN BOEKEL, M, A, J. S. **Ciencia de la Leche y Tecnología de los Productos Lácteos.** (2001). Zaragoza: Editora Acribia.

ZAMUDIO-FLORES, PB, TORRES, AV, SALGADO-DELGADO, R., AND BELLO-PEREZ, LA 2010. **Influence of oxidation and acetylation of banana starch on the mechanical and water barrier properties of modified starch/chitosan blend films.** 2010. *Journal of Applied Polymer Science*, 115:991-998.

ZIA - U. & FEI, P. **Physical and chemical modification of starches: A review.** (2017). *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*.<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2015.1087379>