



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE OURO PRETO  
ESCOLA DE NUTRIÇÃO  
COLEGIADO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
ALIMENTOS**



**STEFAN FELIPE TEIXEIRA**

**BACTÉRIAS TERMOFÍLICAS 'STARTERS' NA  
FERMENTAÇÃO DE AMIDO DE MILHO E MANDIOCA  
EM SORO DE LEITE**

**OURO PRETO**

**2024**

**STEFAN FELIPE TEIXEIRA**

**BACTÉRIAS TERMOFÍLICAS ‘STARTERS’ NA  
FERMENTAÇÃO DE AMIDO DE MILHO E MANDIOCA EM  
SORO DE LEITE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Colegiado do Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Escola de Nutrição da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Área de concentração: Tecnologia de Alimentos

Orientador: Prof. Dr. Erick Ornellas Neves  
- DEALI

Coorientador: Profa. Dra. Érica Granato  
Faria Neves

Coorientador: Ms. Bruno Elias Pereira  
Nogueira da Gama

**OURO PRETO**

**2024**

## SISBIN - SISTEMA DE BIBLIOTECAS E INFORMAÇÃO

T266b Teixeira, Stefan Felipe.

Bactérias termofílicas 'starters' na fermentação de amido de milho e mandioca em soro de leite. [manuscrito] / Stefan Felipe Teixeira. - 2024.  
30 f.: il.: gráf., tab..

Orientador: Prof. Dr. Erick Ornellas Neves.

Coorientadores: Me. Bruno Elias Pereira Nogueira da Gama, Profa. Dra. Érica Granato Faria Neves.

Monografia (Bacharelado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Nutrição. Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos .

1. Acidez. 2. Amidos e Féculas. 3. Fermentação. 4. Soro do Leite. 5. Temperatura. 6. Umidade. I. Neves, Erick Ornellas. II. Neves, Érica Granato Faria. III. Nogueira da Gama, Bruno Elias Pereira. IV. Universidade Federal de Ouro Preto. V. Título.

CDU 613.2

Bibliotecário(a) Responsável: Sônia Marcelino - CRB6/2247



## FOLHA DE APROVAÇÃO

**Stefan Felipe Teixeira**

### **Bactérias termofílicas 'Starters' na fermentação de amido de milho e mandioca em soro de leite**

Monografia apresentada ao Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos

Aprovada em 17 de outubro de 2024

#### Membros da banca

Professor Doutor - Erick Ornellas Neves - Orientador - Universidade Federal de Ouro Preto  
Professora Doutora - Érica Granato Faria Neves - Universidade Federal de Ouro Preto  
Mestre - Bruno Elias Pereira Nogueira da Gama - Universidade Federal de Ouro Preto

Erick Ornellas Neves, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 18/10/2024



Documento assinado eletronicamente por **Erick Ornellas Neves, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 18/10/2024, às 16:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [http://sei.ufop.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **0797461** e o código CRC **2C16D419**.

Dedico esse trabalho à Josefina Dias Paes (*In memoriam*) e Ronaldo Teixeira da Silva.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a DEUS por me abençoar com a inteligência e sabedoria para ter conseguido concluir o curso.

Agradeço a minha mãe Sandra Maria Teixeira, pelo financiamento de moradia e dinheiro ao longo do curso.

Agradeço aos amigos que fiz morando na cidade de Ouro Preto-MG, cidade a qual fui muito feliz ao longo do curso e espero um dia retornar para morar novamente.

Agradeço ao Locador Geraldo Consolação Gomes, que locou o quarto em que fiquei a maior parte da graduação, situado a Rua Prof. Paulo Magalhães Gomes 409 - 4 Andar Bairro Morro do Cruzeiro.

Agradeço a Davidson Consolação Gomes, irmão do Geraldo e seu corretor, pela amizade e correção com o que eu precisei enquanto morava no quarto locado.

Agradeço aos Professores do Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos que muito contribuíram para minha formação, em especial, os professores Erick Ornellas Neves, Professor Aureliano Claret da Cunha, Profa. Érica Granato Faria Neves, Profa. Eleonice Moreira Santos, Profa. Luciana Rodrigues da Cunha, Profa. Patrícia Aparecida Pimenta Pereira, Profa. Maria Helena Nasser Brumano, Profa. Silvia Mendonça Vieira, Profa. Priscila Cardoso Fidelis.

Agradeço aos técnicos de laboratório da Escola de Nutrição, em especial, Raphael Antônio Borges Gomes, Bruno Elias Pereira Nogueira da Gama, Andréia Perez de Tassis e Reginaldo de Souza Monteiro.

Agradeço a Universidade Federal de Ouro Preto-MG, a qual sempre guardarei com carinho em meu coração e desejo um dia retornar a tão prestigiada e grandiosa instituição.

“Definir um objetivo é o ponto de partida de toda a realização”

W. Clement Stone

## RESUMO

O amido é extraído de plantas, lavado, fermentado e seco ao sol para a obtenção do polvilho azedo. Devido ao seu processo ser artesanal, riscos relacionados à saúde pública tem inviabilizado o seu uso por grandes indústrias, que optam por amidos sem a mesma qualidade. A proposta deste projeto é utilizar culturas “starters”, as quais estão disponíveis no mercado, e verificar a viabilidade do uso destas culturas na produção de um amido fermentado com propriedades similares ao polvilho azedo com relação à sua retrogradação. Amidos de milho e mandioca foram fermentados sob duas temperaturas (30 e 40°C), dois tipos de cultura (ST-080 e STI-12) e com duas formulações (A e B). Durante os 35 dias de fermentação foram feitas medidas semanais do pH do meio. Após a fermentação eles foram avaliados quanto às modificações de retrogradação. A formulação A, com menor quantidade de soro de leite em pó, se mostrou menos eficiente em auxiliar a fermentação que a formulação B, com maior quantidade de soro de leite. O perfil de fermentação, em função do pH, mostrou que a formulação B alcançou menores valores de pH, compatíveis com o polvilho azedo (pH entre 4,0 e 3,0). Os resultados das análises físico-química demonstraram valores de umidade inferior a 15%, compatíveis com a legislação brasileira para o produto. O pH dos produtos se manteve entre 4,89 e 5,06, para os amidos da formulação A, e 5,60 a 5,77, para a formulação B, compatível com os relacionados ao polvilho doce. Já a acidez variou de 1,07 a 1,50 mg/ 100g, em ácido láctico, o que são valores compatíveis com o polvilho doce. O fator ácido demonstrou uma grande quantidade de agentes tamponantes, como proteínas e sais. Para os ciclos de descongelamento, o resultado mais importante está relacionado ao amido de milho, fermentado com a formulação B e em temperatura de 40°C, o qual obteve uma grande redução na sinérese. Porém, devido ao elevado fator ácido, uma avaliação da importância das proteínas presentes no resultado obtido é fundamental.

Palavras-chave: Acidez; Amidos e Féculas; Fermentação;. Soro do Leite; Temperatura; Umidade

## ABSTRACT

Starch is extracted from plants, washed, fermented, and sun-dried to obtain sour starch. Due to its artisanal process, public health risks have hindered its use by large industries, which opt for starches of lower quality. The aim of this project is to use commercially available starter cultures and evaluate the feasibility of using these cultures in the production of fermented starch with properties like sour starch, particularly concerning its retrogradation. Corn and cassava starches were fermented at two temperatures (30°C and 40°C), with two types of cultures (ST-080 and STI-12), and using two formulations (A and B). Weekly pH measurements were taken during the 35-day fermentation period. After fermentation, the starches were evaluated for retrogradation changes. Formulation A, with a lower amount of milk whey powder, was less efficient in aiding fermentation compared to Formulation B, which contained a higher amount of milk whey. The fermentation profile, based on pH, showed that Formulation B reached lower pH values, compatible with sour starch (pH between 4.0 and 3.0). The results of the physicochemical analyses demonstrated moisture values below 15%, in compliance with Brazilian regulations for the product. The pH of the products remained between 4.89 and 5.06 for starches in Formulation A, and between 5.60 and 5.77 for Formulation B, values that are compatible with sweet starch. Acidity ranged from 1.07 to 1.50 mg/100g in lactic acid, which is also consistent with sweet starch. The acid factor revealed a high presence of buffering agents, such as proteins and salts. Regarding freeze-thaw cycles, the most significant result was observed in corn starch fermented with Formulation B at 40°C, which showed a substantial reduction in syneresis. However, due to the high acid factor, it is essential to evaluate the importance of the proteins present in the obtained results.

Keywords: Acidity; Starches; Fermentation; Whey; Temperature; Moisture

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>13</b>
2.1	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
3.1	PREPARO DO AMIDO .....	14
3.1	ANÁLISE DE UMIDADE.....	15
3.2	ANÁLISE DO POTENCIAL HIDROGENIONICO .....	15
3.3	DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDO.....	15
3.4	DETERMINAÇÃO DE FATOR ÁCIDO .....	15
3.5	ANÁLISE DA RESISTÊNCIA A CICLOS DE DESCONGELAMENTO.....	16
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>17</b>
4.1	PROCESSO DE FERMENTAÇÃO.....	17
4.2	ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS .....	21
4.3	CICLO DE DESCONGELAMENTO .....	23
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O amido é uma abundante reserva de energia encontrada em todas as plantas e em diferentes partes, como sementes, raízes e tubérculos. Representa um importante componente de diversos produtos agrícolas como cereais (de 30 a 80%), legumes (25 a 50%) e tuberosas (60 a 90%) (CEREDA, 2003). Estão presentes também em algumas frutas tropicais, como bananas, que quando verdes, podem conter acima de 70% de amido em base seca (NÚÑEZ-SANTIAGO et al., 2004).

O amido é organizado estruturalmente na forma de grânulo. Nestes grânulos são encontrados dois diferentes polímeros de unidades de glicose, a amilose, que é essencialmente linear, e a amilopectina, um polímero ramificado. Em ambos, as moléculas de glicose estão unidas através de ligações do tipo  $\alpha$  (1-4). Na amilopectina a cadeia é ramificada através de ligações  $\alpha$  (1-6) (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004). Há diferenças tanto em relação à organização dos grânulos quanto à estrutura da amilose e amilopectina em função da fonte de origem.

O polvilho azedo é um produto utilizado na culinária brasileira, o qual é oriundo da fermentação do amido de mandioca. Ele apresenta propriedades tecnológicas diferenciadas, em particular sua capacidade de expansão (CEREDA, 2003). Na indústria alimentícia o polvilho é principalmente empregado como ingrediente na fabricação de diversos produtos de padarias, confeitarias, indústrias de biscoitos e pão de queijo (SHIRAI et al., 2007).

O polvilho azedo é um produto com problemas de padrão de higiene e de oferta. O seu modo fabricação, sem o uso de procedimentos bem estabelecidos, robustos e com grandes variações entre fabricantes, dificulta o estabelecimento de padrões de qualidade (APLEVICZ, 2006).

Para CARVALHO et al. (1996) é difícil explicar uma fermentação tão exuberante a partir de um meio de cultivo tão pobre em nutrientes como o polvilho. Nele, o substrato para os microorganismos se restringe a uma suspensão de amido granular e água, já que durante o processo de purificação da fécula os compostos solúveis, tais como vitaminas e compostos nitrogenados, se perdem. O processo fermentativo confere ao polvilho azedo características peculiares, pois altera o grânulo de amido. Além do sabor e aroma, as modificações ocorridas alteram a sua reologia (NAKAMURA; MORAES; MARTUCCI, 1976).

Os amilogramas apresentam viscosidade máxima e temperatura de pasta inferiores às do polvilho doce nas mesmas concentrações, sem tendência à gelificação durante o resfriamento a 50°C (NAKAMURA; MORAES; MARTUCCI, 1976).

Durante o processo de fermentação, várias espécies de microrganismos atuam no “leite” de amido, produzindo diferentes ácidos orgânicos (ácido láctico, acético, propiônico e butírico) e enzimas amilolíticas. Estas enzimas corrompem pequenas regiões na superfície do grânulo, o que confere ao polvilho azedo, juntamente com outras etapas do processo, as suas propriedades de expansão (DE SENA AQUINO et al., 2015).

Alguns experimentos foram conduzidos buscando relacionar acidez e pH com o estágio de fermentação e a qualidade do polvilho. Entretanto, não é possível estabelecer nenhuma relação entre eles. Não há predominância de quaisquer dos diversos ácidos encontrados no produto, visto que a microbiota presente depende de fatores ambientais. O estágio de fermentação ou a qualidade do polvilho não pode ser definida pela acidez máxima e o pH (PEREIRA et al., 2004).

O processo de fermentação do polvilho azedo apresenta falta de uniformidade até mesmo para amostras de mesma origem. Isso é em parte atribuído à interrupção da fermentação em diferentes fases de desenvolvimento e produção de ácidos, sem parâmetros de controle. Sendo assim, não existem padrões de qualidade para este produto, apenas limites físico-químicos fixados pela legislação brasileira. Buscar processos reprodutíveis, com padrão de qualidade e higiene tem sido um desafio a ser superado pelo setor.

## **2 OBJETIVOS**

Avaliar as modificações relativas às propriedades de retrogradação ocorridas em amidos de milho e mandioca submetidos a processos de fermentação controlados.

### **2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar a umidade, pH, concentração de ácido e fator ácido dos amidos após o processamento;
- Avaliar o pH durante o período de fermentação;
- Avaliar o efeito do tipo de cultura e tipo de amido na cinética de fermentação;
- Avaliar como os diferentes tratamentos de fermentação afetaram o desempenho de retrogradação dos amidos;

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 PREPARO DO AMIDO

Duas formulações de suspensão de amido (A e B) foram preparadas para fermentação. A suspensão A foi preparada com 500g de amido, 34g de soro de leite em pó, 1,0mL de peróxido de hidrogênio 30 vol, 1166g de água e 0,025g de permanganato de potássio. A suspensão B foi preparada com 500g de amido, 68g de soro de leite em pó, 1,0 mL de peróxido de hidrogênio 30 vol, 1166g de água, 0,025g de permanganato de potássio e 8,0g de sorbato de potássio. Foram utilizados amido de mandioca e amido de milho nas formulações, perfazendo quatro tipos de suspensões avaliadas.

Após o preparo da suspensão foi adicionada cultura termofílica com *Streptococcus thermophilus* (LYOFAST ST-080 (SACCO SRL, Itália) ou STI-12 (CHR Hansen, Dinamarca)) à suspensão em quantidade definida para produtos lácteos pelo fabricante. As amostras foram acondicionadas em frascos de vidro com tampa de rosca, sendo incubados em estufa a 30°C e 40°C por 35 dias. A cada 7 dias o material era homogeneizado, sendo realizada análise de pH para acompanhamento do processo de fermentação. Os 16 tratamentos são indicados no Quadro 1.

Quadro 1 – Tratamentos utilizados no trabalho por tipo de formulação, fonte do amido, cultura comercial utilizada e temperatura de incubação.

Tratamento	Formulação	Fonte	Cultura	Temperatura
1	A	Milho	ST-80	30
2	A	Milho	ST-12	30
3	A	Mandioca	ST-80	30
4	A	Mandioca	ST-12	30
5	A	Milho	ST-80	40
6	A	Milho	ST-12	40
7	A	Mandioca	ST-80	40
8	A	Mandioca	ST-12	40
9	B	Milho	ST-80	30
10	B	Milho	ST-12	30
11	B	Mandioca	ST-80	30
12	B	Mandioca	ST-12	30
13	B	Milho	ST-80	40
14	B	Milho	ST-12	40
15	B	Mandioca	ST-80	40
16	B	Mandioca	ST-12	40

Após os 35 dias, o amido foi centrifugado a 4000 rpm por 10 minutos, sendo descartado o líquido sobrenadante. Posteriormente foram adicionados 500mL de água destilada ao amido decantando e submetido a agitação para homogeneização do sistema. A suspensão resultante foi novamente submetida às mesmas condições de centrifugação descritas anteriormente. Este processo de lavagem foi realizado por 3 vezes. O amido resultante do processo de centrifugação foi posteriormente seco em estufa à temperatura de 60°C por 24 horas. As amostras secas foram acondicionadas em sacos plásticos de polipropileno, selados e mantidos à temperatura ambiente e sobre abrigo de luz, até o momento de realização das análises.

### **3.1 ANÁLISE DE UMIDADE**

A umidade das amostras foi determinada usando-se estufa a vácuo a 70°C, segundo a metodologia de IAL (2008). As análises foram feitas em duplicata para cada tratamento.

### **3.2 ANÁLISE DO POTENCIAL HIDROGENIONICO**

Para a determinação do pH das amostras de amido foi utilizada a metodologia de IAL (2008). As análises foram feitas em duplicata para cada tratamento.

### **3.3 DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE ÁCIDO**

Para a determinação da concentração de ácido foi utilizada a metodologia de IAL (2008), sendo o valor expresso como mL de solução de NaOH 0,1 mol/L gastos. As análises foram feitas em duplicata para cada tratamento.

### **3.4 DETERMINAÇÃO DE FATOR ÁCIDO**

A determinação de fator ácido foi realizada pesando-se 25,00g de amostra em balança analítica. Posteriormente foram adicionados 50mL de água destilada agitando o sistema para homogeneização. A mistura resultante foi titulada potenciométricamente com solução de HCl 0,1mol/L até obtenção de pH igual a 3,00. Para cada tratamento a análise foi realizada em duplicata.

### 3.5 ANÁLISE DA RESISTÊNCIA A CICLOS DE DESCONGELAMENTO

A análise da resistência a ciclos de descongelamento foi realizada a partir da preparação de géis de amido na proporção de 7% (amido: água destilada). Estes géis foram aquecidos em banho termostático a uma temperatura de 80°C por 30 minutos. Após esta etapa de gelatinização, 40g dos géis ainda quentes foram adicionados em tubos do tipo Falcon de 50mL. Os tubos contendo as amostras foram submetidos a congelamento, utilizando freezer convencional a -18°C por 16 horas, sendo posteriormente descongelados à 25°C por 8 horas.

Todas as amostras foram submetidas a quatro ciclos de congelamento/descongelamento. Após cada etapa de descongelamento, as amostras de dois tubos eram analisadas. Para a análise da sinérese, as amostras foram centrifugadas por 5 minutos a uma rotação de 4000rpm. Posteriormente o sobrenadante era separado e pesados em balança analítica. O resultado foi expresso pela média da pesagem dos sobrenadantes dos dois tubos. A metodologia foi baseada em GANI et al. (2010).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 PROCESSO DE FERMENTAÇÃO

Os processos de fermentação em indústrias normalmente acontecem por até 30 dias, sendo o polvilho azedo posteriormente seco ao sol. Estas duas etapas são as mais relevantes para promover as modificações na estrutura do grânulo que conferem ao amido a sua capacidade de expansão (ZHU, 2015). Na produção do polvilho azedo o produto é submetido principalmente a uma fermentação láctica, onde enzimas amilolíticas e ácidos orgânicos afetam a estrutura do grânulo de amido (MONTENEGRO et al., 2008; ZHU, 2015). Além deste grupo de microrganismos, alguns autores têm citados outros como importantes na elaboração do produto. DEMIATE et al (1999) avaliaram o perfil de ácidos orgânicos de amostras comerciais de polvilho azedo e, além do ácido láctico, foram quantificados em menor quantidade ácido acético, propionico e butírico. LACERDA et al. (2005) encontraram uma prevalência de lactobacilos em amostras de fábricas de polvilho azedo, sobretudo *Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus fermentum*, e em menor concentração uma variedade grande de leveduras.

Relatos da literatura como de GOU et al., (2011); WU et al., (2014), apontam que cepas de *Streptococcus thermophilus* agem na degradação de frações do amido, em que alguns genes são responsáveis pela produção de  $\alpha$ -amilase e amilopululanase. Estes microrganismos também são conhecidos pela sua produção de exopolissacarídeos, o que pode favorecer os resultados nos testes de congelamento/descongelamento.

As suspensões de amido foram incubadas durante 35 dias, sendo a cada 7 dias determinado o valor de pH. As Figuras 1 e 2 apresentam as curvas de fermentação para os tratamentos que utilizaram a formulação A. Os valores iniciais estiveram relacionados às fontes de amido, onde os amidos de milho tiveram valores entre 5,93 e 5,95 (Figura 1), e os amidos de mandioca de 6,45 a 6,48 (Figura 2). Após 7 dias é possível verificar algumas diferenças com relação à fermentação. Os amidos de milho cultivados a 40°C tiveram valores de pH próximos a 4,5, já os cultivados a 30°C valores próximos a 4,75. Os amidos de mandioca tiveram valores próximos a 5,80. Pode-se observar que o valor de pH para o amido de milho foi menor que para o amido de mandioca nestes sete primeiros dias.

Observando-se todo o período de fermentação, é possível caracterizar 4 grupos distintos de comportamento. Todos os tratamentos com amido de mandioca (Figura 2), excetuando o tratamento com a cultura STI-12 a 40°C, tiveram o mesmo comportamento. Já os tratamentos com amido de milho (Figura 1) podem ser divididos em 2 grupos distintos de fermentação em função da temperatura de fermentação. Ao final dos 35 dias os amidos de milho cultivados a 40°C e os três de mandioca com comportamento similar obtiveram pH entre 3,50 e 3,60. Este valor está compatível com a de 28 dias, indicando que a formação de ácido foi baixa nos últimos dias. Já para os amidos de milho cultivados a 30°C o pH foi de 4,35 e 4,42 e para o amido de mandioca cultivado a 30°C utilizando a cultura STI-12 o pH foi de 4,05.

Figura 1 - Curva de pH durante fermentação para a formulação A contendo amido de milho, adicionadas de cultura ST-080 e STI-12 e incubadas a 30°C ou 40°C.

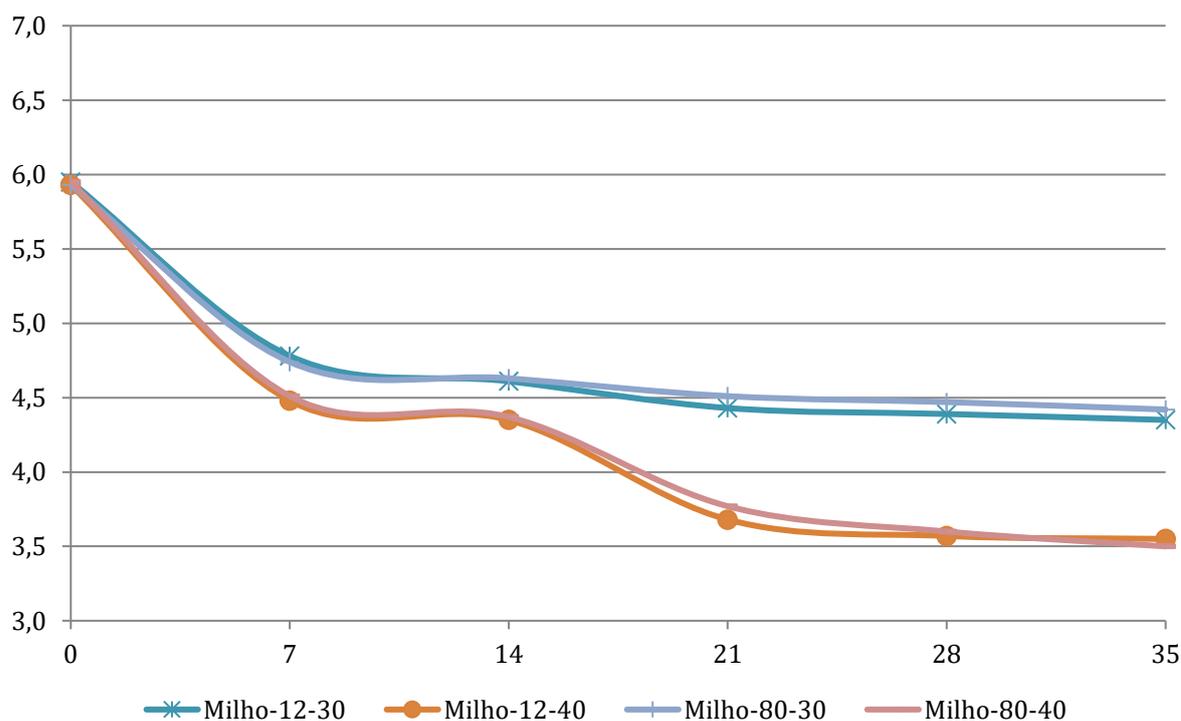
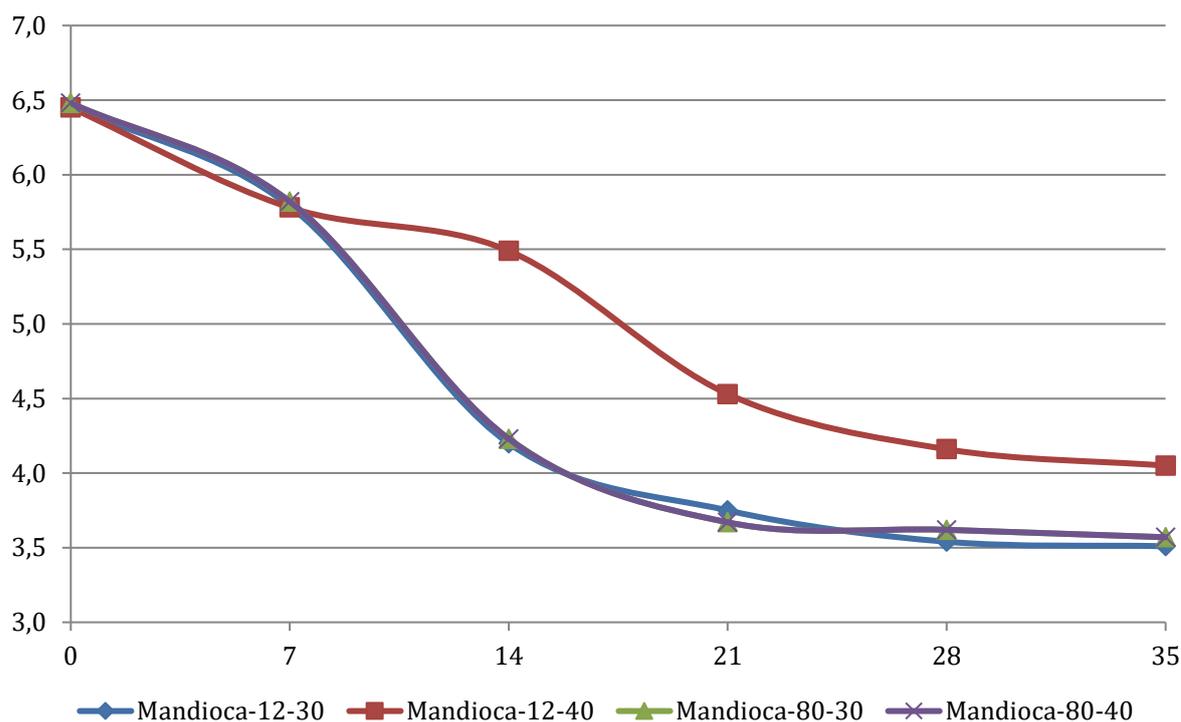


Figura 2 - Curva de pH durante fermentação para a formulação A contendo amido de mandioca, adicionadas de cultura ST-080 e STI-12 e incubadas a 30°C ou 40°C.



Fonte: O Autor

As formulações B foram submetidas ao mesmo tipo de tratamento (incubação). Os resultados são apresentados nas Figuras 3 e 4. Os valores de pH iniciais para esta formulação foram um pouco superiores aos da formulação A, sendo mais próximos aos relatados para o soro de leite (cerca de 6,3 a 6,5). Nesta formulação a redução do pH é mais rápida e intensa. Na análise realizada no 7º dia grande parte dos tratamentos obtiveram valores entre 4,18 e 4,51, excetuando o tratamento com mandioca a 40°C e cultura STI-12, o qual obteve pH de 4,94. Para o 14º dia todos os tratamentos tinham valores de pH inferiores a 4,25. Após este dia é possível verificar continuamente um menor decaimento nos valores de pH.

Figura 3 - Curva de pH durante fermentação para a formulação B para as formulações contendo amido de milho, adicionadas de cultura ST-080 e STI-12 e incubadas a 30°C e 40°C.

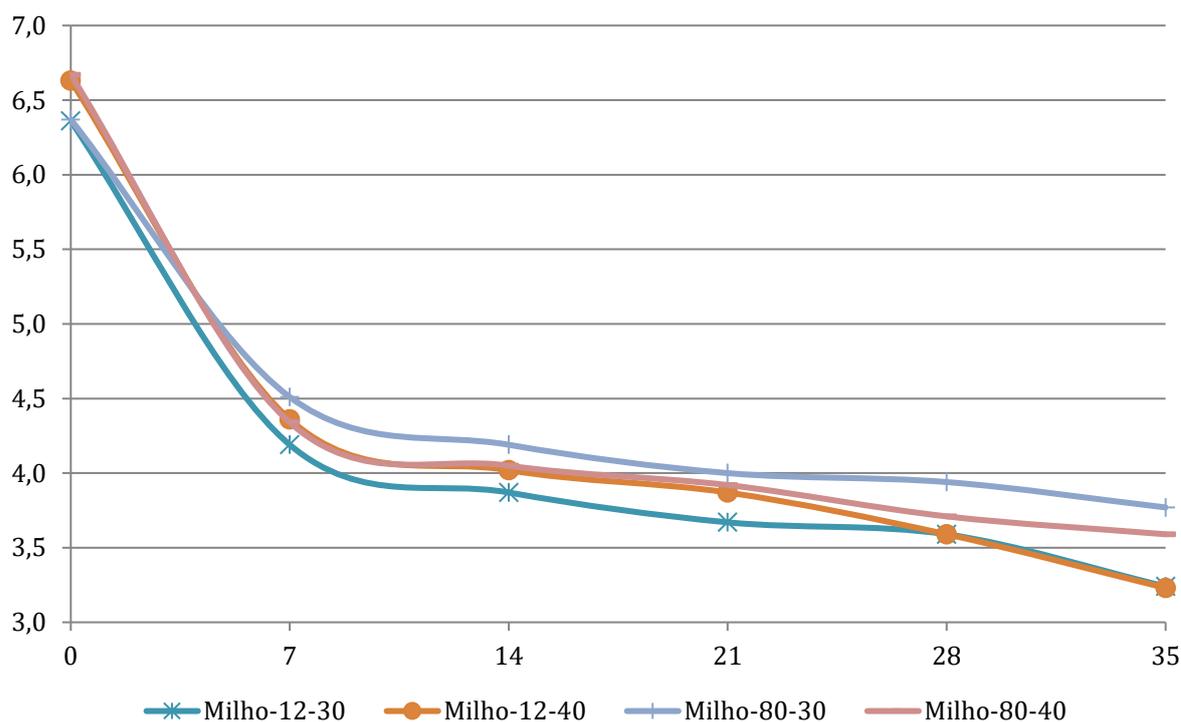
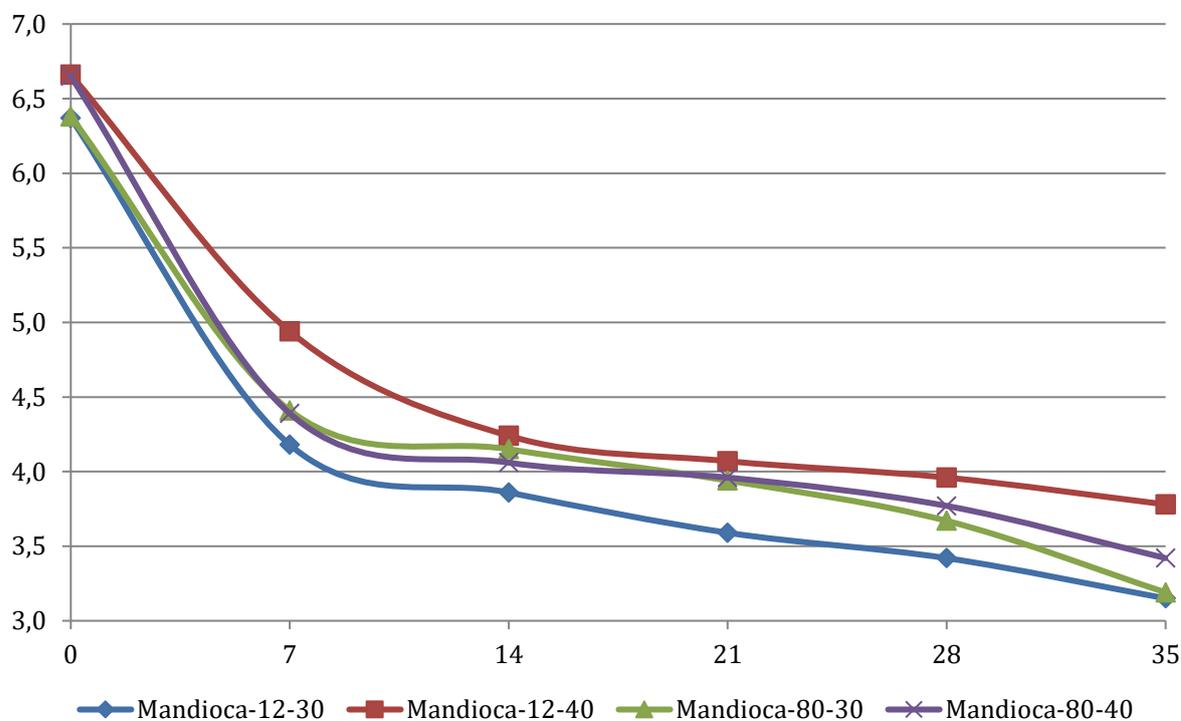


Figura 4 - Curva de pH durante fermentação para a formulação B para as formulações contendo amido de mandioca, adicionadas de cultura ST-080 e STI-12 e incubadas a 30°C e 40°C.



Fonte: O Autor

MARCON et al (2006) adicionaram xarope de glicose à suspensão de amido

emantiveram o processo de fermentação até obter pH constante (3,0 a 3,8). Os melhores resultados foram obtidos com a adição de 0,5% de xarope de glicose, sendo que a fermentação ocorreu em até 46 dias. FREIRE; RAMOS e SCHWAN (2015) obtiveram sucesso no cultivo de bactérias e leveduras isolados da fermentação de polvilho azedo a partir da mandioca, mas o objetivo não incluía a modificação do amido pela via de fermentação. PUTRI et al. (2012) mesclaram 10% de meio MRS à suspensão de amido e cultivaram *Lactobacillus plantarum* e *Lactobacillus amylophyllus* por 48 horas, obtendo pH entre 4,14 e 5,01 em média.

ROSALES-SOTO et al. (2016) utilizaram cultura de bactérias *Lactobacillus plantarum* BFE 6710, para fermentação de farinha de mandioca fortificada. Após o processo fermentativo de 4 dias, foi obtido um produto fermentado com concentração de ácido láctico acima de 1%.

O trabalho de PENIDO et al. (2018) isolou bactérias lácticas e leveduras, as quais foram utilizadas pela fermentar uma suspensão de amido. A utilização de altas concentrações de *Lactobacillus plantarum* e *Pichia scutulata* (levedura amilolítica) foram as que apresentaram os melhores resultados durante o processo fermentativo. Foi possível observar uma redução do pH em um período de 7 dias, sem que fossem realizados outros tipos de análise.

Em ambas as formulações um maior tempo de fermentação é necessário para atingir valores de pH compatíveis com o polvilho azedo. O mesmo comportamento é observado nas amostras em que foram utilizadas um maior teor de soro de leite. Valores de pH inferiores a 3,5 são desejados para a preparação do polvilho azedo, porém segundo PEREIRA et al., (2004), uma acidez elevada e o pH não são os únicos fatores que influenciam na determinação de um referencial para determinar o estágio do processo fermentativo, bem como na qualidade do produto. Desta forma é possível verificar um melhor desenvolvimento das culturas bacterianas nas suspensões em foram preparadas de acordo com a formulação B, independente de outros fatores.

## **4.2 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS**

Os resultados das análises físico-químicas dos amidos fermentados obtidos da formulação A são apresentados na Tabela 1. Nesta é possível constatar que os resultados obtidos foram semelhantes quando todas as formulações são comparadas, independente do tipo de amido utilizado. Os valores de pH obtidos variaram entre 4,89

e 5,06, enquanto o fator ácido variou entre 4,5 e 4,8mL. Já os resultados de umidade para todas as amostras apresentou valores inferiores a 14%. Para a acidez os valores variaram entre 1,25 e 1,55 mL de NaOH (0,1mol/L), o que corresponde a respectivamente 1,07 e 1,32g/100g em ácido láctico.

Tabela 1 - Valor de pH, Fator Ácido (mL), Acidez (g/100g) e Umidade (% p/p) dos amidos de milho e mandioca fermentados por culturas e temperaturas diferentes, utilizando a formulação A

Amido	Cultura	Temperatura	pH	Fator Ácido	Acidez	Umidade
Milho	ST-80	30	5,00	4,6	1,55	5,48%
Milho	ST-12	30	5,06	4,7	1,35	7,35%
Mandioca	ST-80	30	4,95	4,5	1,35	5,90%
Mandioca	ST-12	30	4,95	4,5	1,25	6,13%
Milho	ST-80	40	4,89	4,6	1,55	5,53%
Milho	ST-12	40	4,95	4,8	1,35	12,38%
Mandioca	ST-80	40	5,03	4,7	1,45	5,53%
Mandioca	ST-12	40	4,93	4,9	1,55	8,17%

Os resultados das análises físico-químicas dos amidos fermentados obtidos da formulação B são apresentados na Tabela 2. Nesta é possível constatar que os resultados obtidos foram semelhantes quando todas as formulações são comparadas, independentemente do tipo de amido utilizado. Os valores de pH obtidos variam entre 5,60 e 5,77, enquanto o fator ácido variou entre 21,6 e 23,5mL. Já os resultados de umidade para os tratamentos para todas as amostras apresentaram valores inferiores a 14%. Para a acidez os valores variaram entre 1,30 e 1,75 mL de NaOH (0,1mol/L), o que corresponde a respectivamente 1,11 e 1,50g/100g em ácido láctico. (Tabela 2).

Tabela 2 - Valor de pH, Fator Ácido (mL), Acidez (g/100g) e Umidade (% p/p) dos amidos de milho e mandioca fermentados por culturas e temperaturas diferentes, utilizando a formulação B.

Amido	Cultura	Temperatura	pH	Fator Ácido	Acidez	Umidade
Milho	ST-80	30	5,77	21,6	1,75	5,56%
Milho	ST-12	30	5,60	22,5	1,60	7,74%
Mandioca	ST-80	30	5,62	23,5	1,30	11,45%
Mandioca	ST-12	30	5,70	22,0	1,45	6,63%
Milho	ST-80	40	5,69	22,7	1,55	5,55%
Milho	ST-12	40	5,65	21,7	1,35	6,39%
Mandioca	ST-80	40	5,68	22,7	1,50	6,19%

Mandioca	ST-12	40	5,73	23,3	1,50	7,66%
----------	-------	----	------	------	------	-------

Foi observado que apesar da manutenção dos mesmos processos de lavagem, os quais as amostras foram submetidas, os valores de pH e fator ácido encontrados diferiram entre si. A medida de fator ácido, por exemplo, fornece informações importantes sobre as substâncias presentes no meio, que possuem capacidade tamponante, como sais e proteínas. Os resultados apontam para que apesar dos valores de acidez serem semelhantes para ambas as formulações, os valores corroboram para concluir que a formulação B apresenta uma maior quantidade de proteína quando comparada a formulação A. Quando são comparados os dados de umidade de todas as amostras é possível verificar que em todas ficaram abaixo de 14%, indicando conformidade com os padrões comerciais exigidos pela legislação brasileira.

A legislação brasileira, RDC ANVISA 711/2022 define a umidade máxima de 15% para os amidos de cereais, como o milho, e de 18% para amidos de mandioca (BRASIL, 2022). Todos os produtos se mostraram dentro dos padrões de umidade. A IN 23/2005 estipula limites para pH conforme a classificação da fécula, devendo permanecer entre 4,5 a 6,5 para féculas do tipo 1 e 2, e entre 4,0 a 7,0 para féculas do tipo 3 (BRASIL, 2005). AQUINO *et al.* (2016) avaliaram o polvilho azedo de diferentes fábricas de Santa Catarina, obtendo valores de pH entre 3,11 a 4,82. Os valores obtidos neste trabalho se mostraram mais consistentes com os de fécula de mandioca. DEMIATE *et al.* (1999) avaliaram vinte e nove amostras de polvilho azedo comercial, onde as concentrações de ácido láctico variaram entre 0,036 e 0,813 g/100g de ácido láctico, valor inferior aos encontrados neste trabalho. Para estes parâmetros o produto ficou compatível com o polvilho azedo.

Foi possível observar diferentes compatibilidades quando são comparados teores de ácido láctico e pH. Enquanto o teor de ácido láctico é compatível com polvilho azedo, o valor de pH é compatível com polvilho doce. Este resultado se deve em parte pelo aumento da capacidade tamponante do amido, indicando a presença de outras substâncias como proteínas e sais no meio.

### 4.3 CICLO DE DESCONGELAMENTO

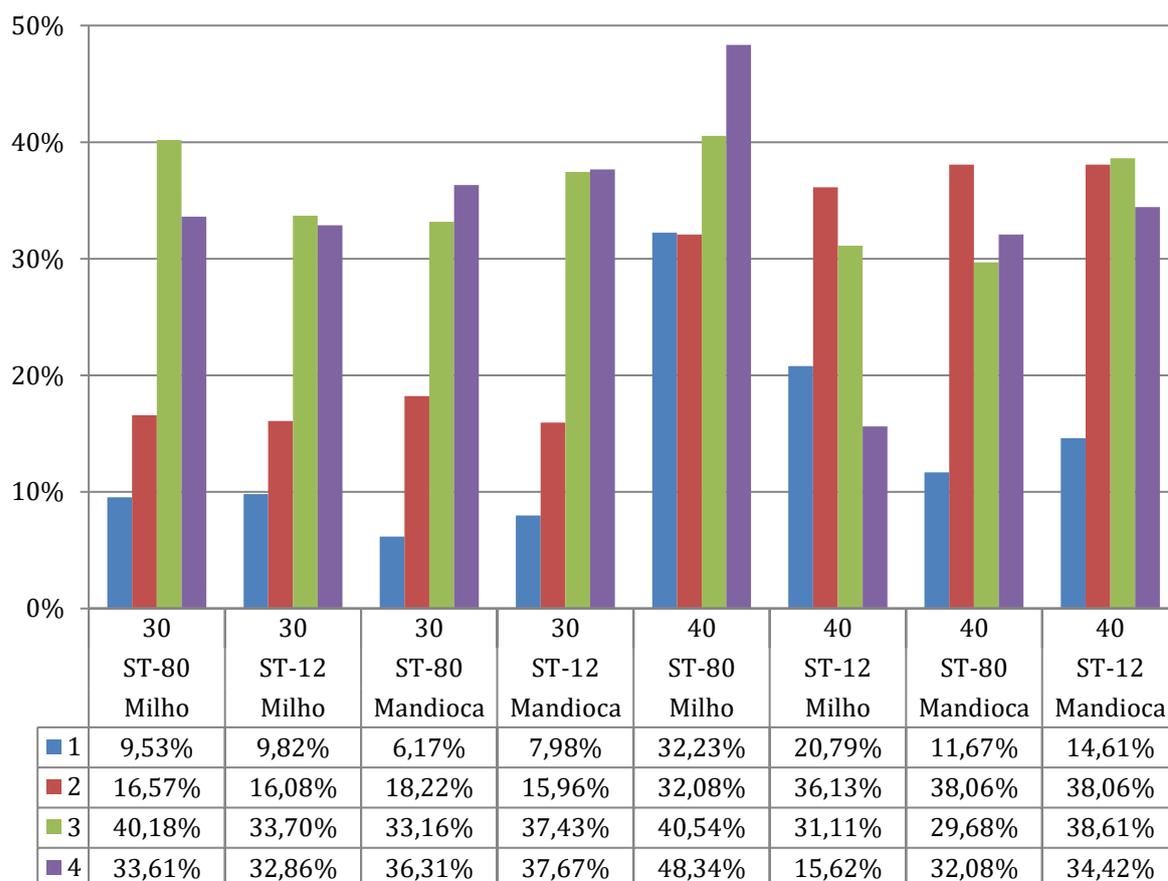
A análise de resistência a ciclos de congelamento e descongelamento de

amidos permite caracterizar a pasta de amido em termos de sua aplicabilidade em alimentos que devem ser refrigerados e/ou congelados, visto que a liberação de água é prejudicial à qualidade do produto. Tradicionalmente esta estabilidade é avaliada pela medida do volume de água que se desprende do gel (DREHER ET AL, 1983). A baixa temperatura favorece a perda de água nos produtos (BERMUDEZ, 1997). Quando um gel de amido é submetido a ciclos de congelamento/ descongelamento, a água que foi utilizada durante o processo de preparo dos géis é separada. Esta separação ocorre devido a reorganização das moléculas de amido, sobretudo a amilose, formando um agregado insolúvel.

Na Figura 5 observa-se a sinérese para todos os tratamentos relacionados à formulação A. Os géis de amido de milho nativo têm maior retrogradação que os géis de amido de mandioca nativo, assim uma maior sinérese para os tratamentos com amido de milho é esperada. Se compararmos todos os géis a 30°C verifica-se que o comportamento foi similar, independentemente do tipo de cultura ou fonte do amido (milho ou mandioca). Também não foram observadas diferenças significativas nos parâmetros físico-químicos dos amidos avaliados, conforme apresentado na Tabela 1. Com relação à fermentação esta foi mais intensa para os produtos de amido de mandioca, obtendo-se valores de pH menores ao final do processo do que os obtidos para os tratamentos com amido de milho cultivados a 30°C (Figuras 1 e 2). Para os amidos fermentados a 40°C observa-se uma maior sinérese já nos ciclos 1 e 2, se comparado aos que foram fermentados a 30°C, porém nos ciclos 3 e 4 estes apresentam valores similares. Apesar das diferenças observadas durante a fermentação nesta temperatura, estes amidos tiveram comportamentos compatíveis nos ciclos de descongelamento.

Os resultados obtidos nos tratamentos com a formulação A são compatíveis aos apresentados por géis de amido de milho nativo, onde estes géis tiveram uma sinérese crescente de 30,2 a 47,8% para os 4 ciclos de descongelamento (NEVES et al, 2018).

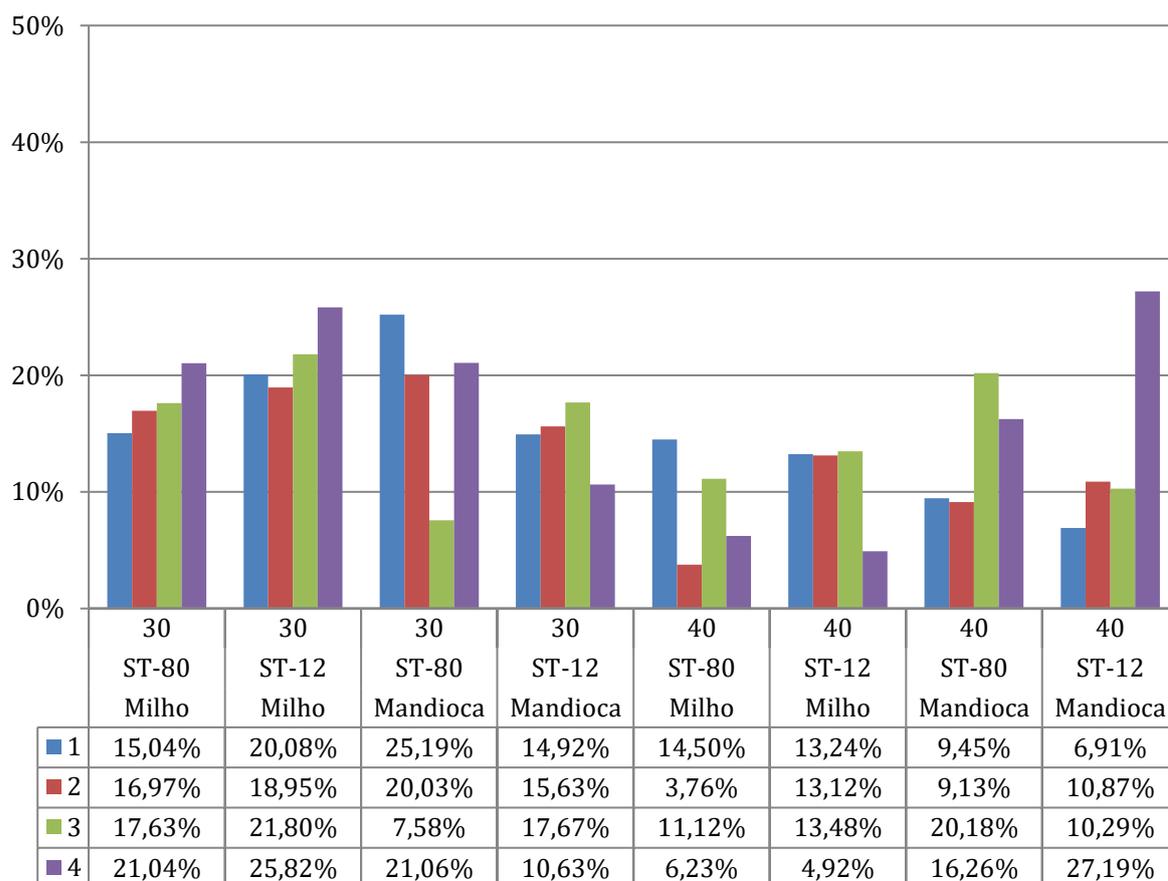
Figura 5 - Porcentagem de sinérese dos géis dos amidos fermentados submetidos a ciclos de descongelamento (1 a 4) (formulação A).



Fonte: O Autor

Os amidos fermentados obtidos pela formulação B (Figura 6) tiveram menor sinérese do que os tratamentos da formulação A. Em trabalho anterior, por NEVES et al (2018), amidos de mandioca tiveram resultados de 17,9% de sinérese após 4 ciclos de descongelamento. Todos os tratamentos para a temperatura de 30°C apresentam valores compatíveis ou superiores a este, mas para tratamentos a 40°C estes valores tendem a ser menores, inclusive para géis de amido de milho. As análises físico-químicas não indicam uma diferença relevante entre estes amidos (Tabela 2). Se compararmos as fontes de amido (milho e mandioca) verifica-se que os tratamentos com amido de milho foram mais estáveis que os de mandioca. Apesar dos dados para os tratamentos de amido de mandioca fermentados a 40°C serem compatíveis com os apresentados por amidos nativos de mandioca, os de milho apresentam um potencial a ser explorado e melhor investigado.

Figura 6 - Porcentagem de sinérese dos géis dos amidos fermentados submetidos a ciclos de descongelamento (1 a 4) (formulação B).



Fonte: O Autor

Os produtos da formulação B apresentam uma maior resistência a ciclos de congelamento/ descongelamento. É importante observar que há diferenças também observadas nas análises físico-químicas, as quais indicam uma maior quantidade de material com ação tamponante, possivelmente sais e proteínas provenientes do soro de leite. A adição de soro de queijo poderia então aportar ao amido um comportamento diferente, porém quando ingredientes lácteos são mesclados com amido há uma tendência no aumento da sinérese de pastas de amidos em testes de congelamento (KUMAR et al., 2018) e não uma diminuição. Assim sendo, cultivos a 40°C utilizando a formulação B parecem ser a melhor opção para a elaboração de um produto, porém avaliações sobre o impacto do teor de proteína no gel devem ser realizadas, buscando elucidar os impactos nos resultados de ciclo de descongelamento.

## 5 CONCLUSÃO

O processo de fermentação utilizando as culturas *Streptococcus thermophilus* (ST-080 e STI-12) foram capazes de fermentar o meio contendo o amido de diferentes origens (milho e mandioca) e soro de leite. O meio que continha o maior percentual de soro de leite (formulação B) teve uma resposta mais intensa em relação a redução do pH, resultando em valores inferiores a 4,5 com 7 dias de fermentação. O valor de pH mais ácido favorece a inibição do desenvolvimento de agentes patógenos no meio, resultando em uma melhoria na segurança alimentar do produto. Os valores de pH e umidade encontrados nas amostras se mostraram compatíveis com amidos doces, bem como atendem a regulamentação da legislação brasileira. Quanto aos resultados encontrados para o fator ácido e acidez estão em valores elevados, o que pode remeter a grandes quantidades de ácidos e agentes tamponantes como proteínas e sais. Os melhores resultados obtidos para os ciclos de congelamento/descongelamento foram os obtidos na formulação B com temperatura de incubação de 40°C. Estes resultados podem ser associados a presença de proteínas lácteas no produto, sendo assim, mais testes deverão ser realizados para permitir uma melhor compreensão dos resultados obtidos.

## 6 REFERÊNCIAS

APLEVICZ, K. S. Caracterização de produtos panificados à base de féculas de mandioca nativas e modificadas. [s.l.] UEPG, 2006.

AQUINO, Ana Carolina Moura de Sena *et al.* Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina. **Brazilian Journal of Food Technology** v. 19, 2016. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_abstract&pid=S1981-67232016000100600&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1981-67232016000100600&lng=pt&nrm=iso&tlng=pt)>. Acesso em: 28 jan. 2018.

BERMÚDEZ, J.J.H. Valorización de las Amiláceas “No-Cereales” Cultivadas en los Países Andinos: Estudio de las Propiedades Fisicoquímicas y Funcionales de sus Almidones y de la Resistencia a Diferentes Tratamientos Estresantes. Trabajo de Grado, Facultad de Ingeniería de Alimentos, Universidad de Bogotá, Colombia, 150p, 1997.

BRASIL. INSTRUÇÃO NORMATIVA Nº 23, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2005. REGULAMENTO TÉCNICO DE IDENTIDADE E QUALIDADE DOS PRODUTOS AMILÁCEOS DERIVADOS DA RAIZ DE MANDIOCA. , 2005 a .Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/sislegis/action/detalhaAto.do?method=consultarLegislacaoFederal>>. Acesso em: 15 fev. 2018.

BRASIL. Resolução-RDC nº 711, de 01 de julho de 2022. Requisitos sanitários dos amidos, biscoitos, cereais integrais, cereais processados, farelos, farinhas, farinhas integrais, massas alimentícias e pães. . Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-711-de-1-de-julho-de-2022-413244942> >. Acesso em: 17 set 2024.

CEREDA, M.P. **Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas.** [S.l.]: Fundação Cargill, 2003. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=XoH4ZwEACAAJ>>. (Série Cultura de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas). .

DE CARVALHO, E. P. et al. “Polvilho azedo”: Physical-chemical and microbiological aspects. **Pesq. agropec. bras.**, v. 31, n. 2, p. 129–137, 1996.

DE SENA AQUINO, A. C. M. et al. Validation of HPLC and CE methods for determination of organic acids in sour cassava starch wastewater. **Food chemistry**, v. 172, p. 725–30, 1 abr. 2015.

DEMIATE, I. M. *et al.* Análise de ácidos orgânicos em amostras de polvilho azedo comercial. **Food Science and Technology** v. 19, n. 1, p. 131–135, jan. 1999.

DREHER, M.I., TINSLEY, A. M., SCHEERENS, J.C. E BERRY, J.W. Buffalo gourd root starch. II. rheologic behavior, freeze-thaw stability and suitability for use in food products. **Starch/Stärke**, v.35, p.157-162, 1983.

FREIRE, Ana Luiza; RAMOS, Cintia Lacerda; SCHWAN, Rosane Freitas. Microbiological and chemical parameters during cassava based-substrate fermentation using potential starter cultures of lactic acid bacteria and yeast. **Food**

**Research International** v. 76, p. 787–795, 1 out. 2015.

GANI, A. et al. Physic-chemical, Morphological and pasting properties of starches extracted from water chestnuts (*Trapa natans*) from three lakes of Kashmir, India. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 53, n. 3, p. 731–740, 2010.

GOH, Yong Jun *et al.* Specialized adaptation of a lactic acid bacterium to the milk environment: the comparative genomics of *Streptococcus thermophilus* LMD-9. **Microbial Cell Factories** v. 10, n. Suppl 1, p. S22, 30 ago. 2011.

KUMAR, Lokesh *et al.* The effects of dairy ingredients on the pasting, textural, rheological, freeze-thaw properties, and swelling behavior of oat starch. **Food Chemistry** v. 245, p. 518–524, 15 abr. 2018.

LACERDA, I *et al.* Lactic acid bacteria and yeasts associated with spontaneous fermentations during the production of sour cassava starch in Brazil. **International Journal of Food Microbiology** v. 105, n. 2, p. 213–219, 25 nov. 2005.

LUTZ, I. A.; ADOLFO, I. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª Edição ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

MARCON, M.j.a. *et al.* The Effect of Fermentation on Cassava Starch Microstructure. **Journal of Food Process Engineering** v. 29, n. 4, p. 362–372, 1 ago. 2006.

MONTENEGRO, Flavio Martins *et al.* Biscoitos de polvilho azedo enriquecidos com fibras solúveis e insolúveis. **Food Science and Technology** v. 28, p. 184–191, dez. 2008.

NAKAMURA, I. M.; MORAES, I. O.; MARTUCCI, I. O. Considerações sobre a tecnologia da fécula de mandioca fermentada produção, propriedades físico-químicas e aplicações. **Científica**, v. 4, n. 2, p. 196–202, 1976.

NÚÑEZ-SANTIAGO, M.C.; BELLO-PÉREZ, L. A.; TECANTE, A. Swelling-solubility characteristics, granule size distribution and rheological behavior of banana (*Musa paradisiaca*) starch. **Carbohydrate Polymers**, v. 56, p. 65–75, 2004.

PENIDO, Fernanda Corrêa Leal *et al.* Selection of starter cultures for the production of sour cassava starch in a pilot-scale fermentation process. **Brazilian Journal of Microbiology**, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1517838217304859>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

PEREIRA, J. et al. Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 24, n.4, p. 494–500, dez. 2004.

PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; COLLA, L. M. Congelamento e Descongelação - Sua Influência sobre os Alimentos. **Vetor**, v. 13, p. 53–66, 2003.

PUTRI, Widya Dwi Rukmi *et al.* Role of Lactic Acid Bacteria on Structural and Physicochemical Properties of Sour Cassava Starch. **APCBEE Procedia** 3rd International Conference on Biotechnology and Food Science (ICBFS 2012), April 7-

8, 2012. v. 2, p. 104–109, 1 Jan. 2012.

RIBEIRO, E. P.; SERAVALLI, E. A. G. Química de Alimentos. **Edgard Blücher**, São Paulo, 184 p, 2004.

ROSALES-SOTO, Maria U. *et al.* Microbiological and physic-chemical analysis of fermented protein-fortified cassava (*Manihot esculenta* Crantz) flour. **LWT - Food Science and Technology** v. 66, p. 355–360, 1 mar. 2016.

NEVES, E. O; NEVES, E. G. F.; MOTA, J. C. M.; OLIVEIRA, M. M. Efeito do processo de fermentação do amido nas propriedades funcionais de pastas de amido sob congelamento. 2018 (Relatório de Iniciação Científica).

SHIRAI, M. A *et al.* Obtention, physicochemical characterization and applications in foods of starches modified by oxidative treatment. **Ciencia e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 2, p. 237–249, 2007.

WU, Qinglong *et al.* Genomic insights into high exopolysaccharide-producing dairy starter bacterium *Streptococcus thermophilus* ASCC 1275. **Scientific Reports** v. 4 , 15 maio 2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4021336/>>. Acesso em: 07 jan.2018.

ZHU, Fan. Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch. **Carbohydrate Polymers** v. 122, p. 456–480 , 20 maio 2015.