

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
COORDENAÇÃO DE TECNOLOGIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS  
*CAMPUS CAMPO MOURÃO – PARANÁ*

ANA PAULA CARPESANI CEZAR

**CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE MANDIOCA FERMENTADO  
SUBMETIDO A TRATAMENTO DE DEXTRINIZAÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO  
2013

ANA PAULA CARPESANI CEZAR

**CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE MANDIOCA FERMENTADO  
SUBMETIDO A TRATAMENTO DE DEXTRINIZAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Campo Mourão, como requisito para a obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo.

## TERMO DE APROVAÇÃO

### CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE MANDIOCA FERMENTADO SUBMETIDO A TRATAMENTO DE DEXTRINIZAÇÃO

**ANA PAULA CARPESANI CEZAR**

Este trabalho foi apresentado às 15:50 do dia 26 de setembro de 2013 como requisito para obtenção do título de graduação do curso superior de Tecnologia em Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O candidato foi avaliado pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho **APROVADO**.

*Maria Josiane Sereia*

\_\_\_\_\_  
**Membro 1** – Dra. Maria Josiane Sereia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-CM)  
Coordenação de Tecnologia e Engenharia de Alimentos

*Fernanda Vitória Leimann*

\_\_\_\_\_  
**Membro 2** – Dra. Fernanda Vitória Leimann  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-CM)  
Coordenação de Tecnologia e Engenharia de Alimentos

*Manuel S.V. Plata Oviedo*

\_\_\_\_\_  
**Orientador(a)** – Dr. Manuel S.V. Plata Oviedo  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR-CM)  
Coordenação de Tecnologia e Engenharia de Alimentos

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por ter me dado força e coragem para realizar e concluir este trabalho.

À minha família que sempre me apoiou e me deu força.

Aos meus amigos pelo apoio concedido.

Ao professor Dr. Manuel Salvador Vicente Plata Oviedo pela orientação, ensinamentos, dedicação, paciência, amizade e pela oportunidade para que este trabalho fosse realizado.

Aos participantes da banca pela participação, contribuições e sugestões.

## RESUMO

CARPESANI, Ana Paula C. **Caracterização do amido de mandioca fermentado submetido a tratamento de dextrinização**. 2013. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, 2013.

O presente trabalho objetivou-se em submeter o amido de mandioca fermentado (marca AMAFIL) ao tratamento térmico típico de dextrinização (150°C) em diferentes tempos, para obtenção de dextrinas a partir da hidrólise ácida do amido, utilizando-se do ácido láctico presente no meio, e avaliar as propriedades físico-químicas de interesse. Para o tratamento de dextrinização, foi utilizado o amido de mandioca fermentado (AMF), e este foi primeiramente seco a 50°C por 8 horas, e em seguida realizou-se no mesmo, o tratamento térmico à 150°C por diferentes tempos de (1 a 7 horas). A partir daí, foram realizadas análises físico-químicas, de percentual de lactilo, solubilidade, viscosidade aparente, viscosidade intrínseca, teor de amilose, quantificação de dextrose equivalente e teste de formação, fusão e termorreversibilidade do gel. Através dos resultados das análises pode observar-se que, o tratamento térmico típico de dextrinização conduziu a esterificação do amido fermentado de mandioca, obtendo-se baixos teores de lactilo (0,25 e 0,55%) devido à natureza de ácido fraco do ácido láctico e ao baixo teor do mesmo encontrado. A solubilidade aumentou com o tempo de tratamento de 1,42 para 6,45%. A viscosidade aparente dos amidos tratados termicamente foi reduzida no primeiro ciclo (0 hora) e após 24 horas não apresentou aumento elevado. A viscosidade intrínseca diminuiu de 1,80 para 0,009 dL/g com 6 horas de tratamento, assim como o teor de amilose reduziu de 18,97 para 13,23% com 7 horas de tratamento, indicando que houve hidrólise das macromoléculas do amido. A dextrose equivalente (DE), não aumentou conforme o tratamento, sugerindo possível repolimerização. O amido de mandioca fermentado apresentou a propriedade de formação, fusão e termorreversão dos géis a partir de 4 horas de tratamento, características de substitutos de gordura.

**Palavras-chave:** Amido de mandioca fermentado, ácido láctico, dextrinas, solubilidade.

## ABSTRACT

CARPESANI, Ana Paula C. **Characterization of fermented cassava starch subjected to treatment dextrinization.** 2013. 41 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campo Mourão, 2013.

This study aimed to subjecting the fermented cassava starch (brand Amafil) heat treatment typical dextrinization (150 ° C) at different times to obtain dextrans from the lactic acid present in the medium and evaluate the physico-chemical of interest.. For the treatment of dextrinization was used fermented cassava starch (MPA) obtained from AMAFIL company, and this was first dried at 50 ° C for eight hours, then held in the same heat treatment at 150 ° C for different times (1 to 7 hours). Thereafter, analyzes were conducted percentage of lactyl, solubility, viscosity, intrinsic viscosity, amylose, dextrose equivalent quantification and testing of the formation, merger and thermoreversibility gel. From the results of the physicochemical analysis it can be seen that the thermal treatment led to dextrinization typical esterification of fermented cassava starch, resulting in low levels of lactyl (0.25 and 0.55%) due to the nature of weak acid lactic acid and low content of the same. The solubility increased with increasing treatment time of 1.42 to 6.45%. The apparent viscosity of heat-treated starches was reduced in the first cycle (0 h) and after 24 hours did not increase high. The intrinsic viscosity decreased from 0.009 to 1.80 dL / g with 6 hours of treatment, indicating breakage of glucosidic bonds, the amylose content decreased from 18.97 to 13.23% in 7 hours of treatment, which also indicates hydrolysis macromolecules. The dextrose equivalent (DE) not increased with treatment, suggesting a possible repolymerization. The starch had the property of forming, melting and termorreversão of starch gels from 4 hours of treatment, the characteristics of fat substitutes.

**Keywords:** Fermented cassava starch, lactic acid, dextrans, solubility.

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.</b> RESULTADOS DA (%) DE LACTILO E SOLUBILIDADE DO AMIDO DE MANDIOCA FERMENTADO SEM TRATAMENTO TÉRMICO (*AMF-C) E SUBMETIDO A TRATAMENTO TÉRMICO DE 150°C.....	24
<b>TABELA 2.</b> VALORES DE VISCOSIDADE APARENTE (cPs) DOS GÉIS DE AMIDOS (7% m/m) COM 0 E APÓS 24 HORAS DE ARMAZENAMENTO A TEMPERATURA DE 5°C.....	26
<b>TABELA 3.</b> RESULTADOS DA VISCOSIDADE INTRÍNSECA E TEOR DE AMILOSE (%). .....	28
<b>TABELA 4.</b> RELAÇÃO ENTRE O VALOR DE DEXTROSE EQUIVALENTE COM A FORMAÇÃO, FUSÃO E TERMORREVERSIBILIDADE DOS GÉIS DE AMIDO (25% m/m) DE SÓLIDOS .....	30

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>8</b>
<b>2. OBJETIVOS</b> .....	<b>10</b>
2.1. Objetivo Geral .....	10
2.2. Objetivos Específico .....	10
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>11</b>
3.1 Constituintes do amido .....	11
3.2 Estrutura e Organização .....	11
3.2.1 Amilose e Amilopectina.....	12
3.3 Amido de mandioca fermentado (polvilho azedo) .....	13
3.4 Ácido Lático .....	14
4. Amido nativo e amido modificado.....	14
4.1 Amidos esterificados.....	15
4.2 Dextrinas.....	15
4.2.1 Dextrinas brancas .....	16
4.2.2 Dextrina amarelas ou canárias .....	16
4.2.3 Gomas britânicas .....	16
<b>5. MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>17</b>
5.1 Materiais .....	17
5.2 Métodos .....	17
5.2.1 Preparo da amostra controle e das amostras tratadas termicamente.....	17
5.3 Análises Físico-Químicas .....	18
5.3.1 Determinação do percentual de lactilo (%) .....	18
5.3.2 Determinação da solubilidade (%) .....	19
5.3.3 Determinação da viscosidade aparente dos géis de amido .....	19
5.3.4 Avaliação da viscosidade intrínseca .....	20
5.3.5 Avaliação do teor de amilose .....	21
5.3.6 Quantificação de dextrose equivalente (açúcares redutores) .....	22
5.3.7 Teste de formação, fusão e termorreversibilidade do gel .....	23
<b>6. ANÁLISE ESTATÍSTICA</b> .....	<b>23</b>
<b>7. RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>24</b>
7.1 Determinação do percentual de lactilo e solubilidade .....	24
7.1.1 Determinação do percentual de lactilo .....	24
7.1.2 Solubilidade .....	25
7.2 Viscosidade aparente dos géis de amido .....	26
7.3 Avaliação da viscosidade Intrínseca e Teor de amilose .....	28
7.3.1 Viscosidade Intrínseca .....	28



7.3.2 Avaliação do teor de amilose .....	29
<b>7.4 DEXTROSE EQUIVALENTE, FORMAÇÃO, FUSÃO E TERMORREVERSIBILIDADE DOS GÉIS .....</b>	<b>30</b>
7.4.1 Quantificação de Dextrose equivalente (açúcares redutores) .....	30
7.4.2 Formação, Fusão e Termorreversibilidade dos Géis .....	31
<b>8. CONCLUSÃO.....</b>	<b>33</b>
<b>9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>34</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Estruturalmente, o amido é um homopolissacarídeo composto por cadeias de amilose e amilopectina. A amilose é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 originando uma cadeia linear, podendo apresentar pequenas ramificações. A amilopectina é formada por unidades de glicose unidas em  $\alpha$ -1,4 e com pontos de ramificações  $\alpha$ -1,6 formando uma estrutura ramificada (OLIVEIRA, 2011).

O amido é um importante ingrediente da indústria de alimentos, devido suas propriedades de: viscosidade, inchamento, absorção de água, formação de gel com água quente, transparência, neutralidade de sabor e odor (DAIUTO; CEREDA, 2006).

O amido pode ser utilizado em várias indústrias, sendo as principais consumidoras, as alimentícias, de papel e têxteis. As necessidades das indústrias que se utilizam desse polissacarídeo estão cada vez mais complexas, fazendo com que o setor produtivo esteja em busca de novas tecnologias, bem como de amidos diferenciados (VIEIRA, 2004).

O amido, na sua forma nativa, nem sempre possui as propriedades físico-químicas adequadas a determinados tipos de processamento, mas, quando modificado, aumenta seu espectro de utilização na indústria alimentícia (ZAVAREZE et al., 2009). As principais modificações podem ser classificadas em física, química, enzimática ou combinada. A produção de amidos modificados é uma alternativa que vem sendo desenvolvida há algum tempo com o objetivo de superar uma ou mais limitações dos amidos nativos e assim aumentar a utilidade deste polímero nas aplicações industriais.

Um método de modificação, utilizado para reduzir a viscosidade do amido e aumentar sua solubilidade em água é a dextrinização, que consiste no aquecimento dos grânulos de amido em presença de um ácido e como resultado, ocorre hidrólise parcial do polímero, assim como repolimerização para formar cadeias mais ramificadas. (AZEREDO, 2005).

O polvilho azedo é o tipo de amido de mandioca modificado pela ação da natureza. Seu processamento envolve a obtenção do amido a partir das raízes, seguido da dispersão em água que forma uma camada de 10 a 20 cm sobre o amido decantado. Após um período de 30 a 40 dias o amido fermentado é retirado e seco

pela ação do sol e do vento fundamental para que desenvolva a propriedade de expansão, sendo favorável para aplicação em biscoitos de polvilho (CEREDA, 2002; DIAS, 2001). Durante a fermentação, ocorre a formação de ácidos orgânicos, com predominância do ácido lático, conferindo acidez característica do produto (DIAS, 2001).

Nos últimos anos o consumo e produção de polvilho azedo têm aumentado, porém, a secagem ao sol continua a ser um limitante para o aumento da produção e para outras aplicações que não seja a produção de biscoito de polvilho (ZAVAREZE et al., 2009).

Por possuir pH entre (3,4 a 3,8) e estar levemente hidrolisado, o amido de mandioca fermentado é um substrato adequado para ser submetido a tratamento térmico em temperatura elevada para obtenção de dextrinas que poderão ser esterificadas pelo ácido lático presente naturalmente no meio. Poderia também ser rotulado simplesmente de “amido”, uma vez que o tratamento físico não altera seu *Status* e ao mesmo tempo pode conferir outras propriedades funcionais (ARISTIZÁBAL; SÁNCHEZ; LORIO, 2007).

Portanto, este trabalho teve por objetivo obter dextrinas a partir do amido de mandioca fermentado e avaliar as propriedades físico-químicas de interesse para aplicações alimentícias.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

- Submeter o amido de mandioca fermentado ao tratamento térmico de dextrinização e avaliar as propriedades físico-químicas das dextrinas obtidas.

### **2.2. Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Submeter o amido de mandioca fermentado à tratamento térmico de 150°C por 1 a 7 horas e das amostras obtidas determinar:
  - Percentual de lactilo
  - Solubilidade
  - Viscosidade aparente
  - Viscosidade intrínseca
  - Teor de amilose
  - Teor de carboidratos redutores equivalente em glicose
  - Formação, fusão e termorreversibilidade

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Constituintes do amido**

O amido é um polissacarídeo natural, sendo a principal fonte de reserva de carboidratos nas plantas e constitui fonte de energia essencial para muitos organismos. É produzido em pequenos agregados individuais denominados grânulos que apresenta tamanho variável, sendo composto pelas macromoléculas amilose e amilopectina (SPIER, 2010).

A funcionalidade dos amidos está diretamente relacionada a essas duas macromoléculas e também a organização física das mesmas dentro da estrutura granular, assim como à proporção que varia de acordo com a fonte botânica (WURZBURG, 2006; MUCILLO, 2009).

A amilose é um polissacarídeo formado de cadeias lineares helicoidais de resíduos de glicose unidos entre si por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4, enquanto que a amilopectina constitui a fração altamente ramificada do amido, e é formada por várias cadeias de resíduos de glicose unidas entre si por ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 das quais partem ramificações com ligações  $\alpha$ -1,6 (CERQUEIRA, 2012).

Os grânulos possuem outros constituintes, além da amilose e da amilopectina que são chamados de constituintes menores sendo principalmente os lipídeos, o fósforo as proteínas e as cinzas (CARDOSO, 2011).

#### **3.2 Estrutura e Organização**

O tamanho dos grânulos de amido variam geralmente de 1 a 100  $\mu\text{m}$  com formatos regulares e irregulares (LIU, 2005), apresentam um hilo, que constitui o centro de nucleação, ao redor do qual se desenvolve o grânulo, podendo estar no centro do grânulo ou deslocado lateralmente. Possuem estrutura semicristalina composto de macromoléculas lineares e ramificadas que formam pontes de hidrogênio, e estão associadas paralelamente, o que resulta no aparecimento de regiões cristalinas (SPIER, 2010).

Quando observados em microscópio óptico sob luz polarizada, os grânulos de amido apresentam estrutura birrefringente, o que indica um certo grau de organização molecular e apresenta uma forma de cruz, denominada cruz de malta (CARDOSO, 2011).

### 3.2.1 Amilose e Amilopectina

A amilose é considerado um polímero essencialmente linear composto quase inteiramente por unidades de D-glicose com ligações  $\alpha$ -1,4 (Figura 1). Embora ilustrada tipicamente por uma cadeia de estrutura linear, a amilose é frequentemente helicoidal. O interior da hélice contém átomos de hidrogênio sendo, portanto, hidrofóbica e permite que a amilose forme complexos com ácidos graxos livres, com componentes glicéridos dos ácidos graxos, com alguns alcoóis e com o iodo, formando com este, um complexo de coloração azul (THOMAS; ATWEL, 1999).

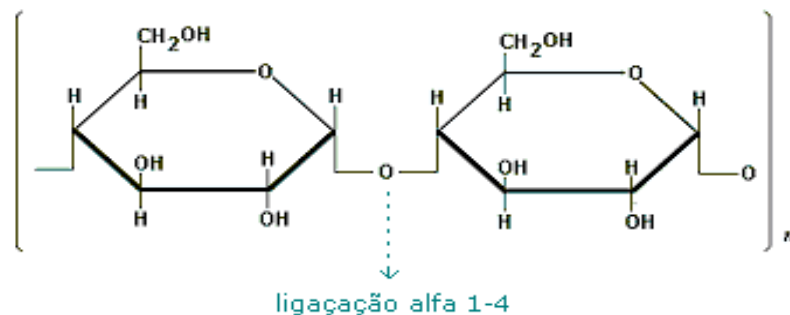


Figura 1. Estrutura da amilose  
Fonte: Unesp, 2013.

O teor de amilose nos grânulos de amido varia de acordo com a fonte vegetal de origem, mas, geralmente, encontra-se nos intervalos de 20-30% em amidos normais de cereais. O amido de milho contém entre 25-28% de amilose, enquanto que o de mandioca possui aproximadamente 18% (SPIER, 2010).

A amilopectina é um polímero ramificado, muito maior que a amilose (Figura 2). A amilopectina é uma macromolécula altamente ramificada formada por unidades de D-glicose ligadas em  $\alpha$ -1,4 e  $\alpha$ -1,6 nos pontos de ramificação (VIEIRA, 2004).

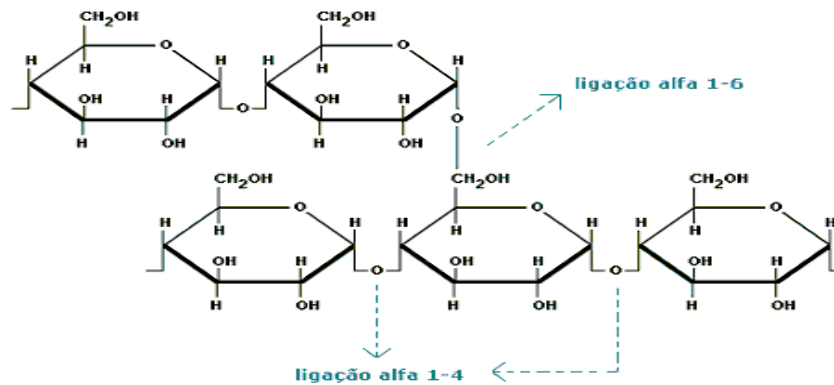


Figura 2. Estrutura da amilopectina  
Fonte: Unesp, 2013.

### 3.3 Amido de mandioca fermentado (polvilho azedo)

O polvilho pode ser classificado em doce (fécula de mandioca nativa) ou azedo, tendo por base o teor de acidez. O polvilho azedo é um tipo de fécula de mandioca modificado por processo de fermentação e secagem solar, apresentando composição química e tamanho dos grânulos diferentes do polvilho doce (PIMENTEL, 2007).

O processo de fabricação do polvilho azedo consiste em submetê-lo à fermentação natural em tanques, sob uma camada de 10 a 20 cm de água, por um período de 30 a 40 dias. Ao final da fermentação o valor do pH na massa pode chegar a valores entre 3,0 e 3,5. Completada a fermentação, deixa-se secar a água da superfície dos tanques até que o polvilho fique com umidade em torno de 30-50%, então é retirado dos tanques e espalhado para secar pela ação do sol e do vento (CEREDA, 2002).

A fermentação natural do polvilho azedo se desenvolve na presença de microrganismos que degradam parcialmente os grânulos de amido, por meio de enzimas, produzindo açúcares simples, que constituem o substrato. Ocorre a formação do grupo de microrganismos produtores de ácidos orgânicos como o

lático, acético, propiônico, butírico e de bolores e leveduras que produzem substâncias que conferem aroma e sabor característicos ao produto (APLEVICZ, 2006). Pela característica da fermentação, nessa etapa, o amido é duplamente hidrolisado, de forma leve, pela ação das  $\alpha$ -amilase e dos ácidos orgânicos.

O polvilho fermentado é mais solúvel quando intumescido em água e a pasta formada é menos viscosa que a da fécula doce (NAKAMURA e PARK, 1975; APLEVICZ, 2006).

### **3.4 Ácido Lático**

O ácido lático usualmente denominado de ácido 2-hidróxiopropiônico, na indústria de alimentos, objetiva-se em diminuir o pH, agir como antimicrobiano, coadjuvante de sabor, solvente, estabilizador, umectante, emulsificador, sendo reconhecido como seguro pela *Food and Drug Administration* (FDA) (SILVA, 2010).

O ácido lático é considerado um ácido orgânico e pode ser encontrado no polvilho azedo, decorrente do processo de fermentação, ocasionado a partir do desenvolvimento de uma microflora, sendo o componente mais importante da acidez do polvilho azedo (SANTOS, 2012).

## **4. Amido nativo e amido modificado**

De acordo com a legislação brasileira, um amido se considera “amido modificado” quando é tratado intencionalmente por substâncias químicas permitidas pela legislação, enquanto que, quando tratado com agentes enzimáticos ou físicos podem ser rotulados como “amido” (BRASIL, 2002). A produção de amidos modificados é uma alternativa que vem sendo desenvolvida há algum tempo com o objetivo de superar uma ou mais limitações dos amidos nativos e assim aumentar a utilidade deste polímero nas aplicações industriais (APLEVICZ; DEMIATE, 2007).

Por processos físicos e químicos pode-se alterar o amido nativo, originando um produto com novas propriedades ou corrigindo características indesejáveis em relação a tecnologias já estabelecidas (APLEVICZ, 2006).



#### 4.1 Amidos esterificados

O amido pode ser modificado por esterificação, sendo que uma das maneiras mais simples é por meio da utilização de anidrido acético (Figura 3), porém existem vários meios sintéticos desenvolvidos para esterificá-lo, como por exemplo, a esterificação do amido com ácidos graxos de cadeia longa (C<sub>8</sub>, C<sub>12</sub>, C<sub>18</sub>) na forma de cloretos ácidos para obtenção de amidos hidrofóbicos de baixo grau de substituição (DS de 0,34 a 0,61) (SUGIH, 2008).

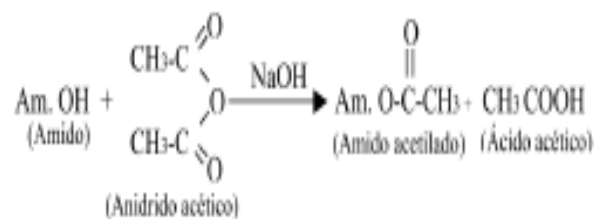


Figura 3. Reação do amido com anidrido acético

#### 4.2 Dextrinas

Outra forma de modificar o amido é pela sua degradação parcial por meio do calor, utilizando ou não um catalisador ácido, em um mecanismo de conversão que envolve processos de hidrólise, reorganização de moléculas e repolimerização, originando as chamadas dextrinas (ARISTIZÁBAL; SÁNCHEZ, 2007).

As dextrinas possuem peso molecular menor que o do amido nativo são hidrossolúveis e possuem muitas aplicações industriais, como na fabricação de adesivos, selos, na indústria de fármacos e alimentícias podendo ser utilizadas como agente espessante, em panificação, produtos de confeitaria, sucos e etc (MOORTHY, 1994).

As propriedades mais importantes das dextrinas, em comparação com o amido não modificado, estão atribuídas ao aumento de solubilidade em água, aumento da estabilidade de viscosidade e redução da viscosidade da pasta (TATE;LYLE, 2003). Existem três tipos de dextrinas que representam uma gama de produtos, em função da temperatura específica, concentração de ácido e tempo de

reação empregue, assim como as propriedades e tipo de amido (WURZBURG, 2006).

#### **4.2.1 Dextrinas brancas**

São produzidas através do aquecimento de amido seco, com um catalisador ácido, a pH baixo, baixa temperatura entre 80-120°C e tempos de torrefacção relativamente curtos de 3-8 horas. São de coloração branca similar ao amido, sua solubilidade em água é limitada e tendem a retrogradar em graus variados (ARISTIZÁBAL; SÁNCHEZ, 2007). A principal reação nesse tipo de dextrina, ocorre nas ligações  $\alpha$ -1,6 e  $\alpha$ -1,4 e a solubilidade pode variar de 1 a 95%.

#### **4.2.2 Dextrina amarelas ou canárias**

São produzidas de maneira parecida com as dextrinas brancas, porém se diferenciam pela menor quantidade de ácido utilizado, baixo pH e alta temperatura entre 150-220°C, durante um tempo de aquecimento que varia de 8-14 horas. Apresentam uma coloração amarela e têm alta solubilidade em água, por apresentar despolimerização e formação de moléculas altamente ramificadas (TATE e LYLE, 2003; WURZBURG, 2006).

#### **4.2.3 Gomas britânicas**

São produzidas quando o amido é apenas aquecido a temperatura elevada em torno de 180-220°C, a um pH elevado e um tempo de processamento longo de 10-20 horas. Possuem coloração marrom escuro, tem grande variação na solubilidade, a viscosidade não é tão baixa quanto as dextrinas amarelas e brancas, tem menor tendência a retrogradação e produzem suspensões mais viscosas na mesma concentração de outras dextrinas (DELGADO, 2005).

## **5. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **5.1 Materiais**

A amostra de amido de mandioca fermentado foi obtida da empresa AMAFIL, situada na região de Cianorte – Pr, com teor de umidade de 42,1% e acidez titulável de  $1,51 \pm 0,05\%$  de ácido láctico. Para a realização do tratamento térmico e das análises, foram utilizados os equipamentos e reagentes necessários disponíveis nos laboratórios da UTFPR.

### **5.2 Métodos**

#### **5.2.1 Preparo da amostra controle e das amostras tratadas termicamente**

A amostra controle (AMF-C) foi obtida através da distribuição do amido de mandioca fermentado com umidade de 42,1%, em formas de alumínio em espessura de aproximadamente 2mm e seco a 50°C, por 8 horas em forno entre aberto, até umidade de 4-5%. Este amido apresentou acidez titulável de  $1,51 \pm 0,05\%$  de ácido láctico.

As amostras tratadas termicamente foram preparadas pelo depósito de 300 g do amido controle seco em formas de alumínio (24 x 10,5 cm) e submetidas a tratamento térmico de 150°C em forno com ventilação de ar forçada por 1 a 7 horas. A cada hora de tratamento uma amostra do amido foi retirada e armazenada em potes de polietileno, adequadamente fechados para não absorver umidade. Ao todo foram obtidas 7 amostras tratadas e 1 amostra controle (amido fermentado seco em forno a 50°C).

### 5.3 Análises Físico-Químicas

#### 5.3.1 Determinação do percentual de lactilo (%)

A determinação do grau de esterificação foi realizada segundo o método desenvolvido por SMITH (1967) onde pesou-se aproximadamente 1,0 g do amiláceo em erlenmeyer de 250 mL e adicionou-se 50 mL de água destilada que foram tituladas potenciométricamente com NaOH 0,1N até pH 8,3 em seguida foi adicionado 10 mL de NaOH 0,5022 N previamente padronizado.

Após a adição do NaOH 0,522 N as amostras foram levadas ao microondas e aquecidas por dez ciclos de um minuto, com 30 segundos de intervalo entre o ciclos, no final do aquecimento as amostras foram resfriadas e lavadas as paredes do erlenmeyer, e titulado o excesso de NaOH potenciométricamente, sob agitação magnética, com solução de HCL padronizada a 0,1975 N até pH 8,3 as análises foram realizadas em triplicata.

Preparou-se um branco com amido nativo para comparação com as amostras tratadas. O teor de esterificação das amostras e o teor de lactilo real formado foram calculados através da equação 1 e 2.

$$\% \text{ lactilo} = \frac{(V \cdot N_{\text{NaOH}}) - (V \cdot N_{\text{HCL}}) \cdot 0,073 \cdot 100}{M_{\text{am}}} \quad \text{Eq.(1)}$$

Onde:

V – volume de reagente gasto na titulação NaOH e HCL (mL)

N – Normalidade da solução de NaOH e de HCL

M<sub>am</sub> – massa da amostra (b.s)

Teor de lactilo real:

$$T_{\text{RL}} \% = T_{\text{LA}} - T_{\text{LB}} \quad \text{Eq.(2)}$$

Onde: T<sub>RL</sub> – Teor de lactilo real da amostra (%)

T<sub>LA</sub> – teor de lactilo da amostra

T<sub>LB</sub> – teor de lactilo do branco.

### 5.3.2 Determinação da solubilidade (%)

A determinação da solubilidade foi feita de acordo com a patente de Kasica et al. (2001). Foram pesados de cada amostra tratada, 1,0 g do amiláceo (base seca) em triplicata, em tubos de 40 mL e acrescentados de 30 mL de água, colocados para agitar por uma hora em agitador rotativo a temperatura ambiente, após a agitação a solução foi transferida quantitativamente para um balão de 100 mL agitando por dois minutos. Após a agitação a solução foi filtrada em papel qualitativo e uma alíquota de 25 mL foi coletada com o auxílio de uma pipeta volumétrica e depositada em uma forma de alumínio devidamente seca e tarada, sendo colocada em estufa por seis horas a 105°C. Após a secagem as formas foram resfriadas por 30 minutos em dessecador e pesadas para a realização dos cálculos, conforme a equação 3.

$$\% \text{ solubilidade} = \frac{Mr}{Md} \cdot 4 \cdot 100 \quad \text{Eq. (3)}$$

Onde:

Mr – massa do resíduo (g)

Md – massa da dextrina (g)

### 5.3.3 Determinação da viscosidade aparente dos géis de amido

As amostras obtidas foram submetidas à análise de viscosidade aparente por meio do preparo dos géis de amido a 7%. Foram pesados 8,4 g (base seca) das amostras em copo de inox devidamente pesado e tarado e completado o peso da dispersão para 120 g com água destilada. A seguir foram aquecidas em banho de água a 95°C por 30 minutos sob agitação, e ao final do aquecimento foi repostada a água evaporada com água quente (70°C), até completar a massa de 120 g. Os géis foram resfriados em banho de água até 25°C e a viscosidade determinada em viscosímetro Brookfield, modelo RVT, na velocidade de 20 r.p.m, utilizando agulhas nº 2 e 6, dependendo da viscosidade do gel.

A primeira leitura foi realizada após 30 minutos do preparo do gel, após resfriamento em banho de água até atingir temperatura de 25°C. Os géis foram estocados em geladeira para posterior determinação da viscosidade à 24 horas de

armazenamento, as outras leituras foram realizadas com intervalo de 24 horas de armazenamento, sendo que para a realização da leitura os géis foram condicionados em um banho de água até atingir temperatura de 25°C e o valor da viscosidade aparente calculado utilizando a tabela de correção em função da velocidade e da agulha utilizada, disponibilizada pelo do manual do equipamento.

#### 5.3.4 Avaliação da viscosidade intrínseca

As amostras foram preparadas segundo a metodologia de Leach (1963). Foram pesadas em triplicata 0,1 g do amiláceo (base seca) e adicionadas 60 mL de água destilada, em seguida foram aquecidas em banho de água a 95°C por 30 minutos, sob agitação. O resfriamento foi feito até atingir 30°C. Em seguida, foi adicionado com auxílio de uma bureta, 20 mL de NaOH 5 M. As soluções foram transferidas quantitativamente para balões de 100 mL e o volume completado com água destilada. Uma alíquota de 40 mL de cada amostra foi transferida para tubos de centrifuga (Falcon), e centrifugados a 6000 r.p.m por cinco minutos.

Pipetou-se 5 mL da solução centrifugada e adicionou-se no viscosímetro Cannon Fensk nº50, acoplado em banho de água a 30°C, onde foi medido o tempo de escoamento do solvente NaOH 5 mol/L e também das amostras. A viscosidade intrínseca foi determinada segundo a metodologia proposta por Salomon-Ciuta (1962), utilizando o método do único ponto, conforme a equação 4.

$$n_{in} = \frac{1}{c} \sqrt{2 (n_{sp} - \ln nr)} \quad \text{Eq.(4)}$$

Onde:

$n_{in}$  – Viscosidade intrínseca dL/g

$c$  – Concentração da solução g/dL

$n_{sp}$  – Viscosidade específica dL/g

$\ln nr$  – Viscosidade relativa dL/g

### 5.3.5 Avaliação do teor de amilose

A determinação de amilose foi realizada de acordo com a metodologia da ISO-1987 modificada, viabilizada pela reação da amilose com o iodo, que forma um complexo de coloração azulada. Como amido referência foi utilizado o AMITEC com 18,43% de amilose (base seca). Primeiramente 5 g das amostras do amiláceo foram desengorduradas, durante quatro horas, no equipamento extrator de óleos e graxas marca Marconi, na temperatura de 130°C, utilizando como solvente etanol 96%, e depois foram secas em estufa a 100°C por duas horas e armazenadas em potes de polietileno com tampa rosqueável.

Após as amostras serem desengordurados e secas, foram pesados 0,100g (base seca) em triplicata, em tubos falcon de 40 mL, em seguida adicionados 1,0 mL de etanol 96% e 9 mL de NaOH 1M, agitando continuamente. Logo, a solução foi aquecida em banho de água em ebulição por 10 minutos ou até que o amido se dissolvesse completamente. A solução foi resfriada em banho de água a temperatura ambiente (25°C) e depois transferida para um balão de 100 mL, e o volume do balão foi completado com água destilada. Em seguida, em balões de 25 mL, foram adicionados 20 mL de água destilada e 1 mL da solução amilácea e agitou-se, e em seguida com auxílio de uma micropipeta foi adicionado 0,25 mL de ácido acético 1M, agitou-se, e por último adicionou-se 0,5 mL de iodo, agitou-se e completou o volume do balão com água destilada.

As amostras foram mantidas em repouso na ausência de luz, por 20 minutos em local escuro e feita a leitura da absorbância em 620nm, utilizando o espectrofotômetro Femto 600. A porcentagem de amilose foi calculada através da equação 5.

$$\% \text{ de amilose} = \frac{\%R \cdot Abs_P}{Abs_R} \quad \text{Eq.(5)}$$

Onde:

%R – percentual de amido referência (18,43%)

Abs<sub>P</sub> – absorbância do amido problema.

Abs<sub>R</sub> – absorbância do amido referência.

### 5.3.6 Quantificação de dextrose equivalente (açúcares redutores)

Para verificação de dextrose equivalente foi utilizado o método desenvolvido por Whelan (1964), para completa gelatinização do amido, onde foram pesadas 0,2 g dos amiláceos dispersos em 20 mL de água destilada, em seguida foram agitados com bastão e aquecidos até a dissolução. Após a dissolução, foram resfriados em banho de água fria (10-15°C) e transferidos quantitativamente para balões volumétricos de 50 mL, completando o volume dos balões com água destilada.

Preparado as amostras, seguiu-se com a determinação de açúcares redutores realizada pelo método do ácido dinitro-salicílico (DNS), segundo Miller (1959), onde foram coletadas com micropipeta e depositados em tubos de ensaio alíquotas de 1 mL da dispersão do amiláceo, 1 mL de reagente DNS (ácido dinitro salicílico), e os tubos foram levados em banho de água em ebulição, deixou-se ferver por cinco minutos.

A seguir os tubos foram retirados e resfriados em banho de água gelada e logo acrescentou-se em cada tubo 4 mL de água destilada, e misturou-se. Inicialmente ajustou-se o aparelho zerando o espectrofotômetro com amostra denominada de branco coletando 1 mL de reagente DNS e 5 mL de água destilada. As amostras foram submetidas à determinação da absorbância utilizando espectrofotômetro com comprimento de onda ajustado para 540nm.

Para a determinação da dextrose equivalente inicialmente se fez o cálculo da equação 6 da reta:

$$\text{mg glicose/mL} = \frac{(\text{Abs} + 0,0056)}{0,785} \quad \text{Eq. (6)}$$

Após a determinação da reta, foi determinada a dextrose equivalente das amostras utilizando a equação 7.

$$\text{DE (Dextrose equivalente)} = \frac{(\text{Abs} + 0,0056)}{0,785} \cdot \frac{V}{\text{Ma}_m} \cdot 100 \quad \text{Eq. (7)}$$

Onde:

Abs – absorbância da amostra (nm)

V – volume do balão (mL)

Ma<sub>m</sub> – massa do amido em base seca (g)



### **5.3.7 Teste de formação, fusão e termorreversibilidade do gel**

A formação dos géis foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Lenchin et al (1985). Foram pesadas 8 g das amostras (base seca) em triplicata, em Becker de 50 mL e dispersas em 24 mL de água, sendo anotado a massa total. A dispersão foi aquecida em chapa metálica a 95°C por 15 minutos e novamente pesada e levada ao peso inicial com água destilada, repondo a água evaporada. Em sequência as dispersões foram resfriadas a temperatura ambiente e depois foram deixadas sobre refrigeração em geladeira entre 4-5°C por 24 horas. Após esse período foi observado se ocorreu a formação de gel. Os géis formados foram colocados em banho Maria a 90°C, para observação do derretimento dos mesmos, que foi realizada visualmente e com o auxílio de um termômetro foi registrada a temperatura na qual o gel apresentou-se totalmente fundido. Os géis que fundiram foram novamente refrigerados, para a observação da termorreversibilidade.

## **6. ANÁLISE ESTATÍSTICA**

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), por meio de experimento inteiramente casualizado, e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, utilizando o programa Assistat versão 7.7 beta.

## 7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 7.1 Determinação do percentual de lactilo e solubilidade

Na Tabela 1, estão apresentados os resultados das análises físico-químicas de determinação do teor de lactilo e solubilidade das amostras de amido de mandioca fermentado sem tratamento térmico (AMF-C) e submetido a tratamento térmico de 150°C, por diferentes tempos (1 a 7 horas).

**Tabela 1. Resultados do teor de lactilo e solubilidade do amido de mandioca fermentado sem tratamento térmico (\*AMF-C) e submetido a tratamento térmico (150°C).**

Amidos	Tempo/hora de tratamento	Lactilo (%)	Solubilidade (%)
*AMF-C	0	0,05 <sup>a</sup> ±0,02	1,42 <sup>a</sup> ±0,006
T – 1	1	0,08 <sup>a</sup> ±0,00	1,78 <sup>ab</sup> ±0,15
T – 2	2	0,06 <sup>a</sup> ±0,07	2,23 <sup>bc</sup> ±0,24
T – 3	3	0,09 <sup>a</sup> ±0,03	2,58 <sup>c</sup> ±0,09
T – 4	4	0,25 <sup>b</sup> ±0,00	3,06 <sup>d</sup> ±0,14
T – 5	5	0,50 <sup>c</sup> ±0,07	3,91 <sup>e</sup> ±0,20
T – 6	6	0,55 <sup>c</sup> ±0,00	4,56 <sup>f</sup> ±0,20
T – 7	7	0,14 <sup>a</sup> ±0,07	6,45 <sup>g</sup> ±0,05

\*AMF-C = amido de mandioca fermentado seco a 50°C por 8 horas (controle).

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

T = Tempos de tratamento

#### 7.1.1 Determinação do percentual de lactilo

Observa-se na Tabela 1, que as amostras de amido fermentado de mandioca, tratadas a 150°C durante as três primeiras horas, apresentaram baixos teores de esterificação, não se diferenciando significativamente entre si ( $p \geq 0,05$ ). Com o aumento do tratamento térmico para 4, 5 e 6 horas houve incremento no teor de lactilo passando de 0,25% para 0,50 e 0,55% respectivamente, porém os dois últimos valores não se diferenciaram entre si ( $p \geq 0,05$ ) e com 7 horas de tratamento o teor de lactilo, foi de 0,14% ( $p \leq 0,05$ ). Os baixos valores de lactilo das amostras de amido fermentado de mandioca encontrados podem estar relacionados ao baixo teor

de ácido láctico presente. Na literatura, são poucos os relatos de esterificação de amidos, utilizando ácidos orgânicos, sendo o intercruzamento com ácido cítrico o mais citado (XIE; LIU, 2004; PIMENTEL, 2007).

O amido de milho tratado com 2,5% de ácido láctico e submetido a tratamento térmico de 150°C, por tempos de 30 minutos por 7 horas apresentou teor de lactilo de 0,94% para 30 minutos e de 3,85% para 7 horas de tratamento a 150°C (SANGA; PLATA, 2013).

As amostras de amidos com tempo de tratamento de 4 a 7 horas apresentaram teores de esterificação no intervalo de 0,25 a 0,55% de lactilo. Como este grupo é volumoso e apresenta um grupo hidroxila, esses amidos poderão apresentar características de alta absorção de água e de baixa tendência a retrogradação. Essas características combinadas com uma baixa viscosidade (WURZBURG, 2006) poderiam ser indicados como substitutos de gordura para alimentos fluidos ou de panificação ou como agentes encapsulantes.

### **7.1.2 Solubilidade**

A solubilidade do amido de mandioca fermentado e seco a 50°C durante 8 horas (AMF-C), não se diferenciou significativamente ao nível de ( $p \geq 0,05$ ) do amido tratado a 150°C por 1 hora (Tabela 1). As amostras tratadas durante 2 e 3 horas, onde os valores se situaram entre 2,23 e 2,58% também não se diferiram ( $p \geq 0,05$ ).

A partir de 4 horas de tratamento, houve pequeno acréscimo da solubilidade, com valores mínimos e máximos compreendidos entre 3,06 e 6,45% diferindo-se entre si ( $p \leq 0,05$ ) e também da amostra controle.

A partir de 7 horas de tratamento, a solubilidade teve aumento significativo, supondo que a partir desse tempo de tratamento, poderia ser obtido dextrinas com maior teor de solubilidade, pois segundo Wurzburg (2006), para obtenção de dextrinas do tipo amarelo canário, a temperatura geralmente utilizada deve ser acima de 150°C e os tempos de tratamento variam de 8-14 horas.

A solubilidade das amostras de amido de mandioca fermentado tratadas termicamente à 150°C, não foi elevada e pode estar relacionado à força do ácido láctico presente no amido fermentado de mandioca ser menor ( $pK_a$  3,86) que a do ácido clorídrico ( $pK_a$  -6,3), geralmente utilizado, indicando branda degradação, do

amido pela característica de ácido fraco do ácido láctico, segundo Sanga e Plata (2013), pois a solubilidade das dextrinas que são obtidas a partir da degradação do amido pelo calor, varia de acordo com a temperatura, tempo de tratamento térmico, assim como depende também da concentração e força do ácido (ARISTIZABAL, et al., 2007).

De acordo com Kasica et al. (2001) o amido de mandioca acidificado pela adição de ácido clorídrico (HCL) gasoso até atingir pH 3,9 e umidade 0%, quando aquecido em uma temperatura de 185°C, durante 0 a 6 horas, apresentou valores de solubilidade de 56% para os primeiros 30 minutos de tratamento, enquanto que a partir de duas horas a solubilidade encontrada foi de 100%.

## 7.2 Viscosidade aparente dos géis de amido

Na Tabela 2, estão apresentados os resultados para viscosidade aparente dos géis de amido contendo 7% de sólidos m/m.

**Tabela 2. Valores de viscosidade aparente (cPs) dos géis de amidos (7% m/m) com 0 e após 24 horas a temperatura de 5°C.**

Amidos	Tempo/hora de tratamento	Vap 0 hora	Vap 24 horas
*AMF-C	0	4056 <sup>d</sup> ±81,73	7400 <sup>d</sup> ±0,22
T - 1	1	176,4 <sup>a</sup> ±8,05	2800 <sup>e</sup> ±0,12
T - 2	2	23,2 <sup>b</sup> ±1,78	61,60 <sup>a</sup> ±3,58
T - 3	3	20,0 <sup>b</sup> ±0,00	29,02 <sup>b</sup> ±1,79
T - 4	4	10,16 <sup>c</sup> ±0,09	12,00 <sup>c</sup> ±4,41
T - 5	5	10,00 <sup>cd</sup> ±0,00	10,20 <sup>cd</sup> ±0,20
T - 6	6	9,84 <sup>cd</sup> ±0,08	9,92 <sup>cd</sup> ±0,11
T - 7	7	5,20 <sup>cd</sup> ±0,41	7,20 <sup>d</sup> ±0,45

\*AMF-C = amido de mandioca fermentado seco a 50°C por 8 horas (Controle).

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

T = Tempos de tratamento

cPs = Centipose

Vap = Viscosidade aparente.

Observa-se na Tabela 2, que o amido de mandioca fermentado e seco a 50°C por 8 horas (AMF-C), apresentou viscosidade de 4056 cPs e esse valor diminuiu para 176,4 cPs, quando o amido foi submetido à primeira hora de tratamento térmico, havendo diferença entre si ( $p \leq 0,05$ ). Com 2 horas de tratamento, a viscosidade atingida foi de 23,2 cPs e com 3 horas foi de 20,0 cPs, sendo que não houve diferença entre as mesmas ( $p \geq 0,05$ ). A partir de 4 horas, houve decréscimo da viscosidade de 10,16 cps para 5,20 cPs com 7 horas de tratamento ( $p \leq 0,05$ ).

Após as 24 horas de resfriamento à 5°C, observou-se que houve aumento na viscosidade dos géis de amido sem tratamento térmico (AMF-C), atingindo um valor de 7400 cPs, assim como também aumentou a viscosidade para as três primeiras horas de tratamento havendo diferença entre si ( $p \leq 0,05$ ). A partir de 4 horas, não houve aumento significativo da viscosidade aparente, sendo que os valores não se diferenciaram estatisticamente entre si ( $p \geq 0,05$ ).

Observou-se que a partir de 4 horas, o tratamento térmico provocou a diminuição da viscosidade aparente, resultando em géis que resistiram ao fenômeno da retrogradação, porque não foi observado incremento desse parâmetro após 24 horas de descanso. Esta queda da viscosidade, a partir da primeira hora de tratamento térmico pode ser explicada pela diminuição das macromoléculas do amido e pelo efeito combinado do tempo e a temperatura elevada, decorrentes do processo de hidrólise. Esse comportamento foi evidenciado pela queda da viscosidade intrínseca (0,23 a 0,009 dL/g) e aumento da solubilidade a 25°C de 1,42% do amido de mandioca fermentado sem tratamento térmico, para 6,45% com 7 horas de tratamento térmico, como discutido no item 7.3.1.

### 7.3 Avaliação da viscosidade Intrínseca e Teor de amilose

Na Tabela 3, estão apresentados os resultados da avaliação da viscosidade intrínseca e teor de amilose, no amido de mandioca fermentado sem tratamento térmico (AMF-C) e submetido à tratamento térmico de 150°C.

**Tabela 3. Resultados da viscosidade intrínseca e teor de amilose.**

Amidos	Tempo/hora de tratamento	Viscosidade intrínseca (dL/g)	Amilose (%)
*AMF-C	0	1,80 <sup>a</sup> ±0,07	18,97 <sup>a</sup> ±0,08
T - 1	1	0,52 <sup>b</sup> ±0,00	17,83 <sup>b</sup> ±0,13
T - 2	2	0,49 <sup>b</sup> ±0,08	17,43 <sup>b</sup> ±0,21
T - 3	3	0,23 <sup>cd</sup> ±0,04	16,72 <sup>c</sup> ±0,12
T - 4	4	0,24 <sup>cd</sup> ±0,06	16,56 <sup>c</sup> ±0,25
T - 5	5	0,13 <sup>cd</sup> ±0,09	14,88 <sup>d</sup> ±0,34
T - 6	6	0,009 <sup>d</sup> ±0,02	13,94 <sup>e</sup> ±0,08
T - 7	7	0,33 <sup>bc</sup> ±0,19	13,23 <sup>f</sup> ±0,14

\*AMF-C = amido de mandioca fermentado seco a 50°C por 8 horas (controle).

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

T = Tempos de tratamento

#### 7.3.1 Viscosidade Intrínseca

Através da Tabela 3, observa-se que o amido de mandioca fermentado e seco a 50°C por 8 horas (AMF-C), apresentou viscosidade intrínseca de 1,80 dL/g, e esse valor foi reduzido para 0,52 dL/g com 1 hora de tratamento térmico, sendo que ambos se diferiram entre si ( $p \leq 0,05$ ). Nos tempos de tratamento de 2 e 3 horas os valores de viscosidade intrínseca reduziram de 0,49 para 0,23 dL/g respectivamente e estes também se diferenciaram entre si ( $p \leq 0,05$ ).

No intervalo de 4 e 5 horas a viscosidade intrínseca reduziu de 0,24 para 0,13 dL/g, porém esses valores não se diferenciaram entre si ( $p \geq 0,05$ ). A maior queda de viscosidade intrínseca foi com 6 horas de tratamento, atingindo valor de 0,009 dL/g, indicando hidrólise parcial das macromoléculas de amido e com 7 horas de tratamento o valor de viscosidade aumentou para 0,33 dL/g sugerindo

repolimerização das macromoléculas do amido, fenômeno que acontece na dextrinização de amidos (WURZBURG, 2006).

A viscosidade intrínseca é uma medida da resistência ao deslocamento de moléculas poliméricas em solução, que se utilizada adequadamente, pode fornecer um excelente critério de tamanho molecular relativo (LEACH, 1963).

Em amidos modificados por ácidos, tem sido utilizada como indicador do grau de hidrólise, ou seja quantifica o quanto a cadeia amilolítica foi rompida em suas ligações glicosídicas, surgindo moléculas de menor peso molecular, possibilitando o aumento dos grupos redutores livres e aumento da interação com a água

Segundo Sanga e Plata (2013), a queda de viscosidade intrínseca está associada com a redução do tamanho das moléculas poliméricas do amido, devido a combinação do pH ácido (3,4 a 3,8) e o tratamento de 150°C aplicado. Os mesmos autores relataram que, o amido de milho adicionado de 2,5% de ácido láctico e aquecido a 150°C por tempos de 30 minutos e 7 horas, demonstrou redução nos valores de viscosidade intrínseca, de 0,38 para 0,07 dL/g respectivamente, sugerindo degradação do amido.

### **7.3.2 Avaliação do teor de amilose**

O amido de mandioca fermentado sem tratamento térmico aquecido a 50°C por 8 horas (AMF-C) apresentou teor de amilose de 18,97% (Tabela 3), condizentes com os valores relatados por Silva e Cabello (2006) que estudando seis diferentes amostras de amido de mandioca, obtiveram resultados de amilose de 17,17% a 19,67%. Esse mesmo amido quando tratado termicamente a 150°C a partir de 4 horas, apresentou redução significativa nos teores de amilose ( $p \geq 0,05$ ), atingindo o valor de 16,56% para 13,23% em 7 horas de tratamento.

A queda nos teores de amilose do amido de mandioca fermentado tratado termicamente a 150°C indica que houve degradação das macromoléculas do amido durante o aquecimento. Sanga e Plata (2013) observaram que o amido tratado com ácido láctico e seco a 50°C por 16 horas, apresentou queda no teor de amilose de 25,46% para 22,36% em comparação com o amido nativo, e quando submetido ao aquecimento de 150°C, por tempos de 30 minutos e 7 horas apresentou diminuição do teor de amilose, de 21,80 para 12,58% para 7 horas de tratamento. Em estudo

realizado por Uzomah e Ibe (2011), amostras de amido de mandioca quando tratadas com HCl 1,5 M à 50°C durante 8 horas, apresentaram decréscimo nos valores de Blue Value Index (BVI) de 15,07 para 14,16, indicando hidrólise da amilose.

#### 7.4 Dextrose equivalente, Formação, Fusão e Termorreversibilidade dos Géis.

Na Tabela 4, estão apresentados os resultados de dextrose equivalente, formação, fusão e termorreversibilidade dos géis de amido sem tratamento térmico (AMF-C) e submetido à tratamento térmico de 150°C.

**Tabela 4. Relação entre o valor de dextrose equivalente com a formação, fusão e termorreversibilidade dos géis de amido (25% m/m) sólidos.**

Amidos	Tempo/hora de tratamento	Dextrose equivalente (mg glicose/mL)	**Formação de gel	Temperatura de fusão do gel	Termorreversibilidade de do gel
*AMF-C	0	0,93 <sup>a</sup> ±0,05	Sim	Não	Não
T-1	1	0,57 <sup>b</sup> ±0,02	Sim	Não	Não
T-2	2	0,61 <sup>b</sup> ±0,01	Sim	Não	Não
T-3	3	0,56 <sup>b</sup> ±0,03	Sim	Não	Não
T-4	4	0,46 <sup>c</sup> ±0,005	Sim	48,5°C	Sim
T-5	5	0,43 <sup>c</sup> ±0,00	Sim	38°C	Sim
T-6	6	0,36 <sup>d</sup> ±0,01	Sim	32,5°C	Sim
T-7	7	0,35 <sup>d</sup> ±0,02	Sim	37,5°C	Sim

\*AMF-C = amido de mandioca fermentado seco a 50°C por 8 horas (controle).

Médias seguidas de letras diferentes na mesma coluna diferem estatisticamente entre si ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

T = Tempos de tratamento

\*\* após 2 horas a temperatura de 25°C

##### 7.4.1 Quantificação de Dextrose equivalente (açúcares redutores)

O amido de mandioca fermentado e seco a 50°C por 8 horas (AMF-C) apresentou teor de dextrose equivalente (DE) de 0,93 (Tabela 4). Esse amido



quando submetido ao tratamento térmico de 150°C, nas primeiras 3 horas apresentou redução nos valores de DE não se diferenciando entre si ( $p \geq 0,05$ ). De 4 a 5 horas de tratamento, os valores de DE, foram diminuindo de 0,46 para 0,43 não se diferenciando entre si ( $p \geq 0,05$ ). Entre 6 e 7 horas os valores de DE foram 0,36 e 0,35 respectivamente, e também não apresentaram diferença entre si ( $p \geq 0,05$ ).

As dextrinas são obtidas tecnicamente por meio da degradação parcial do amido utilizando temperatura elevada, tempos de aquecimento prolongados e um ácido forte como o ácido clorídrico em baixas concentrações (VELASCO et al., 2008).

Durante o processo de dextrinização, ocorre a hidrólise das ligações glicosídicas do amido que pode conduzir ao aumento no valor de DE. Porém durante o processo de dextrinização podem ocorrer os fenômenos de repolimerização (WURZBURG, 1986; THOMAS; ATWELL, 2012). Os dados mostrados na tabela 4 sugerem que junto com a hidrólise aconteceu a repolimerização de segmentos de amido resultando em produtos com menor quantidade de terminais redutores ocorrendo decréscimo do valor de DE.

#### **7.4.2 Formação, Fusão e Termorreversibilidade dos Géis**

Os resultados para formação, temperatura de fusão e termorreversibilidade do gel do amido de mandioca fermentado e seco à 50°C (AMF-C), assim como para os amidos submetidos ao tratamento térmico de 150°C, estão apresentados na Tabela 4 acima.

De acordo com os dados obtidos, foi observado que a partir de 4 horas de tratamento térmico todos os géis fundiram, apresentando a característica de termorreversibilidade. A formação de gel nos amidos tratados termicamente comprova que o grau de hidrólise sofrido pelas macromoléculas do amido, não foi muito extenso, permitindo que os mesmos conservassem uma das propriedades requeridas para os amidos utilizados como substitutos de gordura (RADLEY, 1976 apud MUCCILLO, 2009).

O ponto de fusão dos amidos tratados termicamente a partir de 4 horas, variou de 48,5 a 37,5°C com 7 horas de tratamento. Essa temperatura de fusão, juntamente com a propriedade de termorreversão poderiam permitir aplicabilidade

dos respectivos amidos como substituto de gordura, por apresentarem pontos de fusão similares ao das gorduras, que variam de 37 a 45°C (BLANSHARD, 1987 apud MUCCILLO, 2009).

Os amidos tratados por 4,5,6 e 7 horas, apresentaram géis termorreversíveis com brilho, cor esbranquiçada e textura suave, que são características que se assemelham as gorduras. De acordo com National Starch and Chemical Corporation apud Cónsole (1998) amidos de mandioca hidrolisados com ácido, com valores de DE inferiores a 5, caracterizaram-se pela formação de géis brancos, termorreversíveis, com sabor neutro e consistência variada.

## 8. CONCLUSÃO

O tratamento térmico típico de dextrinização conduziu a esterificação do amido de mandioca fermentado, obtendo-se baixos teores de lactilo, possivelmente devido à natureza de ácido fraco do ácido láctico e ao baixo teor do mesmo.

A solubilidade das amostras aumentou com o tempo de exposição do amido ao tratamento térmico, assim como ocorre na obtenção de dextrinas, porém os valores obtidos não foram elevados. A viscosidade intrínseca e o teor de amilose também apresentaram queda significativa, indicando hidrólise das macromoléculas do amido durante o tratamento térmico. Esses resultados tiveram concordância com a diminuição da viscosidade aparente dos géis de amido tratados termicamente e o não aumento desse parâmetro após 24 horas.

A Dextrose Equivalente (DE) apresentou redução no decorrer do tratamento térmico, sugerindo repolimerização de segmentos do amido resultando em produtos com menor quantidade de terminais redutores ocorrendo decréscimo do valor de DE. A partir de 4 horas de tratamento térmico, todos os géis fundiram e apresentaram característica de termorreversibilidade, propriedade atribuída aos substitutos de gordura.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARISTIZÁBAL, J.; SÁNCHEZ, T.; LORÍO, D.M. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. **Boletín de Servicios Agrícolas de La Fao**. N° 163. Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, 2007.

APLEVICZ, K.S. **Caracterização de produtos panificados a base de féculas de mandioca nativas e modificadas**. 2006. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de alimentos). Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2006.

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

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA, Resolução RDC nº 259, de 20 de setembro de 2002. **Dispõe sobre o Regulamento Técnico para rotulagem de alimentos embalados**. Disponível em: <<http://www.procon.mt.gov.br/pdf/R259.pdf>>. Acesso em: 27 Mar.2013.

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

CEREDA, M.P. **Cultura de tuberosas amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

CÔNSOLE, F.M.Z.S. **Otimização das condições de hidrólise ácida do amido de mandioca para a obtenção de substituto de gordura: Caracterização de hidrolisados e aplicação em bolos**. 1998. 171f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos). Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP, 1998.

DAIUTO, É.R.; CEREDA, M.P. **Características físicas e avaliação energética de géis de fécula de tuberosas submetidos ao estresse de esterilização**. Botucatu, 2006.

DELGADO, F.A.C. **Obtención de dextrinas de alta solubilidad y mínima retrogradación a partir de almidón industrial de yuca**. Bucaramanga, 2005.

DIAS, A.R.G. **Efeito de oxidantes, de ácidos orgânicos e da fração solúvel em água na propriedade de expansão do amido de mandioca fermentado**. 2001. 166 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2001.

FRANCO, C.M.L. et al. **Série Culturas De Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

ISO. **Determination de la teneur em amylose**. ISO 6647. International Organization for Standarization. Suiza, 1987.

KASICA, et al. 2001. **Highly soluble hydratable, viscous, solution stable pyrodextrins, process of making and use thereof**. Disponível em:<<http://www.google.com/patents/US6191116>> Acesso em: 22 Jul. 2013.

LEACH, H.W. **Determination of intrinsic viscosity of straches**. Cereal Chemistry, St. Paul, v.40, n.6, p.593-600, Nov. 1963.

MATSUGUMA, L.S. **Caracterização do amido de mandioquinha salsa (*Arracacia xanthorrhiza*) nativo e modificado por oxidação**. 2006. 112f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Programa de Pós-Graduação *Stricto sensu*. (Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2006).

MILLER, G.L. **Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar**. Journal Analytical Chemistry, v. 31, n. 3, p.426-428, 1959.

MOORTHY, S.N. **Tuber Crop Starches**. Central Tuber Crops Research Institute. Technical Bulletin Series. v.18, p.40, 1994.

MUCCILO, R.C.S.T. **Caracterização e avaliação de amido nativo e modificado de pinhão mediante provas funcionais e térmicas**. 2009. 156 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

JULIANE, M. L.; PAOLO, C. T.; STELLA, H. **Converted starches for use as fat-or oil-replacement in foodstuffs**. US Patent 451016619, 19 Jan. 1984, 9 apr. 1985.

OLIVEIRA, D.C.D. **Caracterização e potencial tecnológico de amidos de diferentes cultivares de mandioca**. 2011. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

PIMENTEL, N.L.M. **Biscoito de polvilho suplementado com amido resistente: um novo alimento funcional**. 2007. 61f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina. Londrina, 2007.

PEREIRA, L.H.G.P. **Obtenção e estudo das propriedades físico-químicas de amidos de mandioca (*Manihot esculenta*) oxidados e ácidos modificados**. 2008. 108 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa, 2008.

SANGA, E.A; PLATA, M.S.V. **Obtenção de amido de milho lactilado e avaliação das propriedades funcionais dos amidos modificados**. (Trabalho de conclusão de curso de graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2013.

SANTOS, T.P.R. **Produção de amido modificado de mandioca com propriedade de expansão**. 2012. 96 f. Dissertação (Mestrado em Agrônômia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Universidade Estadual Paulista. Botucatu, 2012.

SPIER, Franciela. **Efeito do tratamento alcalino, ácido e oxidativo nas propriedades de amido de milho.** 2010. 72 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia rural) - Universidade de Pelotas. Pelotas, 2010.

SILVA, V.M. et al. **Obtenção de ácido láctico via fermentação descontínua utilizando o melão de cana de açúcar, farinha de varredura, frutose e fécula de mandioca.** Revista Brasileira de Pesquisas em alimentos. v.1, p. 98. Campo Mourão, 2010.

SILVA, F.I.; CABELLO, C. **Caracterização das estruturas moleculares de amido de mandioca utilizando metodologia de permeação em gel.** Energia Agrícola, Botucatu, v. 21, n.1, p. 50-68, 2006.

SOLOMON, O.F.; CIUTA, I.Z. **Determination de la viscosite intrinseque de solutions de polymeres par une simple determination de la viscosite.** J. Appl. Polym. Sci, n.6, p.683–686, 1962.

SMITH, R.J. **Characterization and analysis of starches.** Starch: chemistry and technology. v.2, p.569-635, New York,1967.

TATE; LYLE. **Consistently First In Renewable Ingredients.** Technical Data Sheets. Stalex Dextrins, 2003. Disponível em:<<http://www.pyrobin.com/files/tl%20descriptions.pdf> >Acesso em: 12. Jul, 2013.

THOMAS, D.J.; ATWELL, W.A. **Starches: practical guides for the food industry.** Eagan Press Handbook Series. Minnessota, 1999.

UZOMAH, A.; IBE, C. **The functional properties, pasting and baking behaviour of chemically modified sour cassava starches.** African Journal of Food Science. v. 5, n.12, pg. 686-694. Nigeria, 2011.

VELASCO, R.J et al. **Producción de Dextrinas a partir de Almidón Nativo de Yuca por Ruta Seca en una Agroindustria Rural.** Universidad del Cauca, Facultad de Ciências Agropecuárias, Departamento de Agroindústria. Colombia, 2008.

VIEIRA, F.D.C. **Efeito do tratamento com calor e baixa umidade sobre características físico-químicas e funcionais dos amidos de mandioca-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*), de batata doce (*Ipomoea batatas*) e de gengibre (*Zingiber officinale*).** 2004. 122 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia de Alimentos). Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2004.

XIE, X. S.; LIU, Q. **Development and Physicochemical Characterization of New Resistant Citrat Starch from Different Corn Starches.** v.56, p. 364-370, 2004.

WURZBURG, O. B. **Modified Starches: Properties and Uses.** National Starch and Chemical Corporation Bridgewater. New Jersey, 1986.

WURZBURG, O. B. **Modified Starches: In food polysaccharides and their applications.** Boca Ratón, 2006.

WHELAN, W. J. **Hydrolysis with  $\alpha$ -amylase.** Methods in carbohydrate, v.4. New York, 1964.

ZAVAREZE, E. R. et al. **Poder de inchamento e solubilidade de amido de arroz submetido ao tratamento térmico com baixa umidade.** Brazilian Journal Of Food Technology. Janeiro 2009.

ZAVAREZE, E. R. et al. **Elaboração de pão de queijo com substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (*Ipomoea batatas*) submetido a diferentes processos de secagem.** Brazilian Journal Off Food Technology. Janeiro, 2009.



