

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**EFEITO DO PROCESSO FERMENTATIVO PELO MÉTODO  
TRADICIONAL E COM ADIÇÃO DE GLICOSE, SOBRE A  
QUALIDADE DO POLVILHO AZEDO**

**MARIA JANETE ANGELONI MARCON**

Florianópolis – SC

2004

**MARIA JANETE ANGELONI MARCON**

**EFEITO DO PROCESSO FERMENTATIVO PELO MÉTODO  
TRADICIONAL E COM ADIÇÃO DE GLICOSE, SOBRE A  
QUALIDADE DO POLVILHO AZEDO**

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ciência dos Alimentos

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dra. Edna Regina Amante**

**Florianópolis - SC**

**2004**

**EFEITO DO PROCESSO FERMENTATIVO DO POLVILHO AZEDO  
PELO MÉTODO TRADICIONAL E COM ADIÇÃO DE GLICOSE,  
SOBRE A QUALIDADE DO POLVILHO AZEDO**

Por

**Maria Janete Angeloni Marcon**

Dissertação aprovada como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Ciência dos Alimentos** no Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina.

---

Prof. Dr. Ernani Sebastião Sant'Anna  
**Coordenador do Programa**

---

Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Edna Regina Amante  
**Orientadora**

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Jorge Luiz Ninow

---

Prof<sup>a</sup> Dra. Alícia de Francisco

---

Prof. Dr. Ernani Sebastião Sant'Anna

Florianópolis , 04 de março de 2004

*Ao meu marido Roberto e aos meus filhos  
Roberto e Paula, responsáveis por esta conquista.*

*“ O valor das coisas não está no tempo que elas duram, mas na intensidade com que elas acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis.”*

*(Fernando Pessoa)*

## AGRADECIMENTOS

- Aos meus pais Luiz (in memoriam) e Madalena que acreditam que o estudo é nossa herança, obrigado pelo tesouro!
- Aos familiares que me apoiaram, principalmente a minha irmã Eliete, pela amizade e apoio.
- À Prof<sup>ª</sup>. Edna Regina Amante, que mais que professora, é MESTRE.
- À Edna amiga e companheira, pelo carinho, paciência e compreensão, que nos acolhe como família, minha eterna gratidão.
- Ao Pedro e Gabi pela “invasão” do lar e pelo tempo que lhes foi “roubado”.
- À legião de “anjos” Manuela, Karina Simas, Karina Santos, Lígia, Anelise, Letícia, Karina, Rossana, Naraiana e Natalie sem as quais eu não teria conseguido, e o nosso “LARboratório” não seria tão florido.... a minha eterna amizade.
- Ao Cláudio, pela amizade e colaboração.
- À Renata , professora, amiga , colaboradora, “revisora” e pessoa admirável.
- À Elaine pela amizade e apoio “informatizado”.
- À CIDASC pelo apoio prestado .
- Ao Clóvis e Alípio, gerentes do LQFB da CIDASC pelo apoio prestado.
- Aos amigos da CIDASC que estiveram sempre colaborando na retirada das pedras do caminho.

- Ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, aos professores e funcionários, que sempre estiveram prontos para colaborar.
- Aos amigos que o curso colocou no caminho.
- À Empresa Cassava e, especialmente, ao engenheiro Amílcar pela ajuda na realização dos amilogramas.
- À Prof<sup>a</sup>. Sílvia pela ajuda na tão temida Estatística.
- Aos membros da banca Prof Jorge Luiz Ninow, Profa. Alícia de Francisco e Prof. Ernani Sebastião Sant'Anna por aceitarem participar da defesa deste trabalho.
- Aos meus filhos Roberto e Paula pela ajuda e pela força. Minhas desculpas pela ausência em muitos momentos. ADORO VOCÊS !
- Ao meu marido Roberto pelo amor e carinho, pela ajuda, pelos felizes anos de convívio e por acreditar em mim, e junto com meus filhos ser meu maior incentivador - TODO O MEU AMOR!
- A todas as pessoas citadas e àquelas que eu possa ter esquecido – o meu carinho e amizade. MUITO OBRIGADO!
- Finalmente a DEUS, cuja luz ilumina minha vida e colocou todos vocês no meu caminho!

## RESUMO

MARCON, M.J.A. **ESTUDO COMPARATIVO DO PROCESSO FERMENTATIVO DO POLVILHO AZEDO PELO MÉTODO TRADICIONAL E COM ADIÇÃO DE GLICOSE, SOBRE A QUALIDADE DO POLVILHO AZEDO.** 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

O polvilho azedo é o amido de mandioca fermentado, produto típico brasileiro que, devido a ação dos ácidos e enzimas gerados na fermentação, apresenta propriedades viscoamilográficas e texturiais diferentes do amido nativo. O processo ocorre de forma empírica, sem parâmetros de controle, o final da fermentação também estabelecido segundo a experiência dos produtores. Nas regiões mais frias do Brasil, o tempo de fermentação pode levar de 60 a 90 dias, resultando em menor produtividade por safra do que nas regiões mais quentes do Brasil. O presente trabalho objetiva estudar a fermentação do polvilho azedo pelo método tradicional e modificado pela adição de glicose nas concentrações de 0,10, 0,25 e 0,50% de glicose sobre o volume da suspensão de amido nativo (leite de amido), com a finalidade de diminuir o tempo de fermentação do polvilho, sem alterar suas propriedades reológicas e funcionais. O estudo foi realizado com amidos nativos, polvilho azedo industrial e polvilho azedo produzido pelo método modificado a partir de três regiões produtoras do Estado de Santa Catarina: Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul, as quais também representam diferentes condições de temperatura para o Estado de Santa Catarina. O processo fermentativo foi avaliado diariamente através de determinação do pH e acidez titulável do líquido sobrenadante e temperatura da fermentação e ambiente. A fermentação foi interrompida com a estabilização do pH e acidez em torno de 20 mL de NaOH N. Os polvilhos obtidos em laboratório pelo método tradicional e com diferentes concentrações de glicose, foram secos ao sol e analisados. Os amidos de mandioca nativos, polvilhos industriais, os polvilhos obtidos pelo método tradicional e modificado foram analisados quanto a umidade, cinzas, extrato etéreo, proteína, pH, fator ácido, expansão, densidade, propriedades viscoamilográficas e microestruturais. Foi concluído que em estudos sobre amidos

as origens devem ser consideradas e que amidos nativos de mandioca podem apresentar estruturas com diferentes tendências a fermentação. A adição de 0,50% de glicose sobre o leite de amido reduziu o tempo de fermentação em cerca de 50% e é a concentração indicada para o método modificado, pois a adição de 0,25% não contribui significativamente para a redução do tempo e 0,10% apresentou efeito diferenciado entre as origens testadas. A expansão dos polvilhos para todas as concentrações testadas não foi diferente da expansão do polvilho industrial, bem como a densidade. O polvilho de Santa Rosa do Sul apresentou comportamento diferenciado entre os demais, resultando em menor expansão. Todas as amostras obtidas em laboratório apresentaram características viscoamilográficas diferentes dos polvilhos industriais e também dos amidos de mandioca nativos, porém sem comprometer a expansão característica do polvilho azedo. Foi determinado que a acidez em torno de 20 mL de NaOH N determina o fim do processo fermentativo do polvilho azedo.

**Palavras chave:** amido, polvilho azedo, fermentação, expansão, mandioca.

## ABSTRACT

MARCON, M.J.A. **A COMPARATIVE STUDY OF THE QUALITY OF SOUR CASSAVA STARCH FERMENTATIVE PROCESS BY A TRADITIONAL METHOD AND WITH GLUCOSE ADDITION.** 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis.

Sour cassava starch is a fermented cassava starch, typical product from Brazil, which due to the action of acids and enzymes generated during the fermentation process, presents texture and viscosity properties different from those of the native starch. The process occurs in an empirical form with no control parameters associated, and the end of the fermentation is established in a practical form. In Brazil's colder regions fermentation time may take 60 to 90 days, resulting in lower productivity levels per season than in Brazil's warmer regions. The purpose of the present research was to study the sour cassava starch fermentation process by a traditional and a modified method with glucose addition at 0.10%, 0.25% and 0.50% concentrations on native starch suspension (starch milk). The investigation was carried out with native starch, industrial sour cassava starch and sour cassava starch produced by an improved method by three regional producers from Santa Catarina State, from Rio do Sul, Tubarão and Santa Rosa do Sul cities, which also represent different climate conditions. The fermentation process was evaluated daily by pH and titrable acidity of the supernatant liquid and temperature measurements. The fermentation was conducted until pH and acidity were constant. The sour cassava starches obtained at the laboratory were sun dried and analysed. Native cassava starch, industrial sour cassava starch and sour cassava starch produced by both the traditional and modified methods were evaluated for moisture content, ashes, ether extract, protein, pH, and acid factor, along with expansion rate, density, amilographic and microstructure properties. The experimental data indicated that the origin of the starch must be taken into account in starch studies and that native starch granules may show structures with different tendencies to fermentation. The addition of 0.50% glucose to the native starch suspension showed a reduction of the time

required for the cassava fermentation around 50% and is the ideal concentration to the improved method, as the addition of 0.25% did not contribute to a reduction of the fermentation time, and the 0.10% concentration was not effective to all starches. The sour cassava starch expansion rate and density were the same between sour cassava starch obtained by the different glucose concentrations and by the industrial sour cassava starch. Santa Rosa do Sul city's sour cassava starch presented a differentiated evolution, with a smaller expansion rate. All products obtained at the laboratory showed viscoamilographic characteristics different from those of the industrial sour cassava starch and also from those of the native cassava starch, although it had no effect on the sour cassava starch expansion rate. It was established that acidity values around 20 mL are ideal to determine the sour cassava starch fermentation process conclusion.

**Key words:** starch, sour cassava starch, fermentation process, expansion rate, cassava

## SUMÁRIO

<b>Lista de Figuras.....</b>	<b>xv</b>
<b>Lista de Tabelas.....</b>	<b>xvii</b>
<b>Lista de Abreviaturas e Siglas.....</b>	<b>xxi</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>vii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>ix</b>

## CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>2</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>5</b>
2.1 Mandioca	5
3 Amido	10
3.1 Estrutura do grânulo	12
3.2 Amilose e amilopectina	14
3.3 Gelatinização	17
3.4 Retrogradação	21
4 Amido de Mandioca	23
4.1 Tecnologia de produção do amido de mandioca	26
5 Fermentação	29
6 Enzimas amilolíticas	33
7 Polvilho azedo	36
7.1 Tecnologia de fabricação do polvilho azedo	42
7.2 Processo fermentativo do polvilho azedo	44
<b>8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>51</b>

## **CAPÍTULO 2 – EFEITO DA ADIÇÃO DE GLICOSE SOBRE A FERMENTAÇÃO DO POLVILHO AZEDO**

<b>RESUMO</b>	63
<b>ABSTRACT</b>	64
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	65
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	67
2.1 Material	67
2.1.1 Processo fermentativo	70
2.2 Métodos	70
2.2.1 Água da fermentação	70
2.2.2 Acidez aquo-solúvel	71
2.2.3 pH e temperatura	71
2.3 Análise estatística	71
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	72
<b>4 CONCLUSÕES</b>	78
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	79
<b>ANEXO I</b>	83
<b>ANEXO II</b>	88

## **CAPÍTULO 3 – EFEITO DA FERMENTAÇÃO MELHORADA SOBRE A EXPANSÃO E A VISCOSIDADE DO POLVILHO AZEDO**

<b>RESUMO</b>	92
<b>ABSTRACT</b>	93
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	94
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	96
2.1 Amostras	96
2.2 Métodos	96
2.2.1 Composição Centesimal	96
2.2.2 Índice de Expansão	96
2.2.3 Densidade	97
2.2.4 Propriedades viscoamilográficas	98
2.2.5 Fator ácido e pH	98
2.3 Análise estatística	98
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	99
<b>4 CONCLUSÕES</b>	107
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	108

## **CAPÍTULO 4 – EFEITOS DA FERMENTAÇÃO MELHORADA SOBRE A MICROESTRUTURA DO POLVILHO AZEDO**

<b>RESUMO</b>	113
<b>ABSTRACT</b>	114
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	115
<b>2 MATERIAL E MÉTODOS</b>	116
2.1 Amostras	116
2.2 Método	117
2.2.1 Microscopia eletrônica de varredura	117
<b>3 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	118
<b>4 CONCLUSÕES</b>	123
<b>5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	124

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 1

<b>Figura 1 -</b>	Ilustração da planta da mandioca ( <i>Manihot esculenta</i> , Crantz)	5
<b>Figura 2 -</b>	Principais países produtores de mandioca	7
<b>Figura 3 -</b>	Estrutura da raiz de mandioca	10
<b>Figura 4 -</b>	Estrutura básica da amilose	15
<b>Figura 5 -</b>	Estrutura básica da amilopectina	15
<b>Figura 6 -</b>	Micrografia eletrônica de varredura (500 X) de grânulos de amido nativo (fécula) de mandioca	24
<b>Figura 7 -</b>	Fluxograma sintético da produção de fécula de mandioca	27
<b>Figura 8 -</b>	Esquema geral para a fermentação de glicose pelas Bactérias Ácido-Láticas (BAL)	32
<b>Figura 9 -</b>	Micrografia de microscopia eletrônica de varredura de grânulos de amido de mandioca nativos (féculas) e fermentados (polvilho azedo) – A1 e A2: fécula nativa industrial (2000 X); B1, B2, B3 e B4: polvilho azedo (2000X)	38
<b>Figura 10 -</b>	Aspectos externos de biscoitos confeccionados com fécula de mandioca nativa industrial (A) e com polvilho azedo (B) de três regiões do Estado de Santa Catarina: 1-Santa Rosa, 2 -Tubarão e 3- Rio do Sul	39
<b>Figura 11 -</b>	Amilograma comparativo do amido de mandioca não-fermentado (fécula) e fermentado (polvilho azedo)	40

<b>Figura 12 -</b>	Fluxograma sintético do processo de fabricação do polvilho azedo	43
--------------------	--	----

## **CAPÍTULO 2**

<b>Figura 1 -</b>	Fluxograma sintético da processo de fabricação de polvilho azedo	68
-------------------	--	----

<b>Figura 2 -</b>	Variação do pH em função do tempo de fermentação do polvilho azedo tradicional e modificado pela adição de diferentes concentrações de glicose, a partir de féculas de três regiões do Estado de Santa Catarina	73
-------------------	---	----

<b>Figura 3 -</b>	Variação da acidez em função do tempo de fermentação do polvilho azedo tradicional e modificado pela adição de diferentes concentrações de glicose, a partir de féculas de três regiões do Estado de Santa Catarina	74
-------------------	---	----

## **CAPÍTULO 3**

<b>Figura 1 -</b>	Expansão da fécula, do polvilho azedo industrial e do polvilho azedo produzido pelo método melhorado (A, B, C, D, E, F: amostras de fécula, polvilho industrial, tradicional, 0,10%, 0,25%, 0,50% de glicose, respectivamente; das regiões de 1 - Rio do Sul, 2 - Tubarão, 3 - Santa Rosa do Sul ).	101
-------------------	---	-----

**CAPÍTULO 4**

- Figura 1 -** Microscopia eletrônica de varredura (2000X) do amido de mandioca (fécula) (A), polvilho azedo industrial (B), polvilho fermentado pelo método tradicional (C), polvilho azedo fermentado com 0,10 % de glicose (D), polvilho fermentado 0,25 % (E), polvilho azedo fermentado com 0,50 % de glicose (F), procedentes de Rio do Sul (SC) 119
- Figura 2 -** Microscopia eletrônica de varredura (2000X) do amido de mandioca (fécula) (A), polvilho azedo industrial (B), polvilho fermentado pelo método tradicional (C), polvilho azedo fermentado com 0,10% de glicose (D), polvilho fermentado 0,25% (E), polvilho azedo fermentado com 0,50% de glicose (F), procedentes de Tubarão (SC) 120
- Figura 3 -** Microscopia eletrônica de varredura (2000X) do amido de mandioca (fécula) (A), polvilho azedo industrial (B), polvilho fermentado pelo método tradicional (C), polvilho azedo fermentado com 0,10% de glicose (D), polvilho fermentado com 0,25% (E), polvilho azedo fermentado com 0,50% de glicose (F), procedentes de Santa Rosa do Sul (SC) 121

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO 1

<b>Tabela 1 -</b>	Raiz de mandioca – Área colhida e produção no Brasil e nos principais Estados -Safra de 2000/2001 à 2002/2003.	8
<b>Tabela 2 -</b>	Características comparativas entre as cadeias de amilose e de amilopectina	16
<b>Tabela 3 -</b>	Teores de amilose e amilopectina de amidos de algumas espécies vegetais	17
<b>Tabela 4 -</b>	Características do grânulo de amido de diferentes fontes botânicas	19
<b>Tabela 5 -</b>	Propriedades do amido de mandioca comparado com alguns outros amidos	25
<b>Tabela 6 -</b>	Etapas de extração da fécula de mandioca e equipamentos utilizados de acordo com o porte da agroindústria	28
<b>Tabela 7 -</b>	Análises químicas da fécula de mandioca e de duas amostras de polvilho azedo comercial das marcas Caribé (Polvilho A) e Cruzeiro do Sul (Polvilho B).	41
<b>Tabela 8 -</b>	Valores médios de ácidos orgânicos de duas amostras de polvilho azedo (expressos em matéria seca) provenientes dos Estados do Paraná (Polvilho A) e de São Paulo (Polvilho B).	49

## CAPÍTULO 2

- Tabela 1 -** Identificação das amostras de fécula de mandioca, de polvilho azedo industrial e modificado pela adição de glicose procedentes de três regiões do Estado de Santa Catarina: Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul 69
- Tabela 2 -** Efeito do processo de produção de polvilho azedo modificado pela adição de diferentes concentrações de glicose sobre a velocidade de fermentação do polvilho azedo 76

## CAPÍTULO 3

- Tabela 1 -** Identificação das amostras de fécula de mandioca, de polvilho azedo industrial e modificado pela adição de glicose procedentes de três regiões do Estado de Santa Catarina: Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul 97
- Tabela 2 -** Efeito sobre a expansão e densidade do polvilho azedo obtido pela fermentação melhorada com a adição de diferentes concentrações de glicose 100
- Tabela 3 -** Propriedades viscoamilográficas da fécula de mandioca, do polvilho azedo industrial e do polvilho obtido pelo método melhorado 103
- Tabela 4 -** Composição centesimal das amostras de fécula de mandioca, de polvilho azedo industrial e dos polvilhos azedos obtidos pelo método melhorado pela adição de diferentes concentrações de glicose 104

## **CAPÍTULO 4**

**Tabela 1 -** Identificação das amostras de fécula de mandioca, de polvilho azedo industrial e de polvilhos obtidos pelo método melhorado por Marcon et al.(2004) procedentes de três regiões do Estado de Santa Catarina: Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul

116

**LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

UFSC	Universidade Federal de Santa Catarina
CERAT	Centro de Raízes Tropicais
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
UB	Unidades Brabender
CONCEX	Conselho Nacional do Comércio Exterior
SEM	Microscópio Eletrônico de Varredura
SC	Santa Catarina
SEBRAE	Serviço de Apoio a Micro e Pequena Empresa
ICEPA	Instituto Catarinense de Estatística e Pesquisa Agrícola
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
HCN	Ácido Cianídrico
RVA	Rapid Visco Analyser
CIDASC	Companhia Integrada de Desenvolvimento Agrícola de SC
BAL	Bactéria Ácido-Lática
ALAB	Bactéria Ácido-Lática Amilolítica
IAC	Instituto Agrônômico de Campinas
LFH	Laboratório de Frutas e Hortaliças da UFSC

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

## 1 INTRODUÇÃO

A apresentação do amido de mandioca sob a forma de polvilho azedo ocorre tradicionalmente no Brasil e em alguns países da América do Sul, sendo conhecido na Colômbia com o nome de “almidón agrio”. É usado para a produção de pães macios, sem glúten, e biscoitos, muito populares no País (DEMIATE et al., 1999).

O amido de mandioca é obtido das raízes da planta (*Manihot esculenta*, Crantz) por extração úmida e, o polvilho azedo, por fermentação natural deste amido em tanques, por um período em torno de 30 dias, podendo nas regiões mais frias chegar a até 120 dias, dependendo das condições climáticas.

O amido é fermentado sempre com excesso de água, com uma camada sobrenadante de 15 a 20 cm. Após este tempo de predominante fermentação láctica, o polvilho azedo é seco ao sol, por um período que varia de acordo com o clima. A fermentação do amido é encerrada empiricamente com a formação de espuma na superfície da água e o desprendimento de bolhas de gás do interior da massa. Outros ácidos orgânicos além do láctico estão presentes em concentrações diversas entre eles, o acético, o butírico e o propiônico (CEREDA e LIMA, 1981; CEREDA, 1987, 1983 a; DEMIATE et al. , 1999).

O amido de mandioca fermentado e seco ao sol, polvilho azedo, produz uma massa de pão que, quando assada, apresenta uma estrutura alveolar e macia, de grande expansão e crosta crocante (CEREDA e LIMA, 1981; CEREDA, 1987, 1983 a; DEMIATE et al. , 1999).

A secagem ao sol é essencial para que o amido de mandioca tenha estas propriedades peculiares ao assamento (DEMIATE et al, 2000; GUYOT e MORLON-GUYOT, 2001).

Segundo Cereda (1987) na produção e comercialização do polvilho azedo predominam empresas de pequeno e médio porte. São agrupadas em microrregiões produtoras dos Estados de Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina. Contribuem para a manutenção do homem ao campo.

A produção do polvilho azedo é artesanal, variando o processo tecnológico de extração do amido em função do porte da empresa.

Apesar da importância do mesmo, o processo produtivo ocorre sem registro de mudanças ou modernizações.

São freqüentes as variações na qualidade do produto final para um mesmo produtor, partindo de matéria-prima com mesma origem e, entre produtores (CEREDA, 1987).

Não existe portanto, um padrão de qualidade para o produto.

Segundo Lima (2000), o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) (1998), comprovou que o setor vem sofrendo constantemente o impacto da nova ordem econômica, perdendo competitividade e fazendo com que o mesmo se torne quase inviável.

O setor apresenta muitas deficiências, entre elas, a desorganização dos produtores, escassez de recursos para a aquisição de equipamentos e máquinas de insumos, a falta de associação para defesa dos interesses dos produtores, a falta de desenvolvimento de tecnologia industrial e o conservadorismo familiar.

O processo de globalização provoca mudanças constantes na economia brasileira e o setor polvilheiro está inserido neste contexto.

Esta tendência obriga os produtores repensarem sua forma de gerenciamento e revisarem suas práticas.

Uma das formas de sobrevivência do setor diante do cenário global é a busca pela eficiência do processo de produção do polvilho, através da melhoria do processo tecnológico, para obter um produto de atributos especiais com qualidade e padronização.

Apesar dos trabalhos de pesquisa agropecuária, não ocorre seleção de raízes, controle de água do processamento, pH, temperatura ou de qualquer outro parâmetro de qualidade. A fermentação ocorre ao acaso, o que representa incerteza para processadores e consumidores.

Geralmente confia-se na contaminação natural dos alimentos fermentados espontaneamente, e o resultado é um produto de qualidade inconsistente, de higiene duvidosa e sem padronização (KIMARYO et al., 2000).

Existe a necessidade de desenvolvimento de tecnologia e de métodos analíticos para que o processo fermentativo ocorra de forma controlada.

O presente trabalho se propõe a estudar o processo fermentativo de obtenção do polvilho azedo de forma tradicional e modificada pela adição de

glicose, com a finalidade de diminuir o tempo de fermentação sem alterar suas propriedades funcionais e reológicas, aumentando a produtividade e rentabilidade e, indicar metodologia que contribua para a padronização do processo produtivo do polvilho azedo.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Mandioca

A mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) (Figura 1) é uma planta da família *Euphorbiaceae*, arbustiva, com muitos galhos, podendo atingir 3 m de altura, produzindo de 6 a 8 raízes feculentas com aproximadamente 30 cm de comprimento e 7 cm de diâmetro. Seu ciclo pode ser de 1 ou 2 anos.

É conhecida como tapioca nos países asiáticos; como aipim, castelinha e macaxeira no Brasil; como yuca nos países da América do Sul e como manioc em países de língua francesa na África (PANDEY et al., 2001).

A mandioca é considerada como sendo originária da Venezuela, porém em maio de 1999, biólogos da Universidade de St. Louis descobriram que ela é originária da borda meridional da Bacia Amazônica do Brasil e de lá foi introduzida na África no século XVI e na Ásia no século XVIII (PANDEY et al., 2001).



**Figura 1 Ilustração da planta da mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz)**

([http://www.africalife.de/site/dyn/pics/577-637-1-0207\\_manioc2.jpg](http://www.africalife.de/site/dyn/pics/577-637-1-0207_manioc2.jpg))

A mandioca desempenha um importante papel social nos países em desenvolvimento. Ela é considerada o alimento básico para aproximadamente 500 milhões de pessoas no mundo (EDIJALA et al., 1999; SAGRILO et al., 2001; BALAGOPALAN, 2002). Cerca de 60% da população africana alimenta-se de produtos a base de mandioca (GROXKO, 2002).

A mandioca é também considerada uma importante fonte alimentar e aporte calórico para grande parte da população de países na África, Ásia e América Latina (EDIJALA et al., 1999; NAMPOOTHIRI e PANDEY, 1999; PANDEY et al., 2000; AMPE et al., 2001; GUYOT e MORLON-GUYOT, 2002; PADMAJA et al., 2002; BADRIE e MELLOWES, 2002). Ela fornece de 200 a 1000 calorias diárias, segundo Richard (1979) apud Kato (1987).

A mandioca é rica em carboidratos, fibras dietéticas, magnésio, sódio, vitaminas B, D e E, e pobre em proteínas, lipídios, ferro e vitamina A, porém algumas variedades de cor amarela apresentam quantidade significativa de  $\beta$ -caroteno (WESTBY, 2002).

Cada cultivar de mandioca tem suas peculiaridades, sendo que o teor de amido é o componente que mais sofre variações, devido à diversidade de clima, época de plantio, sistema de cultivo e momento da colheita (BARRETO e CABRAL apud AMANTE, 1986).

A composição química é de aproximadamente 50 a 70% de umidade, 15 a 30% de amido, 0,7% de proteína, 0,4% de fibra e 0,5% de cinzas.

Sua cultura tem grande adaptabilidade aos diferentes ecossistemas (solos pobres, ácidos e tempos de seca) o que possibilita seu cultivo em todo território nacional e em diversos países do mundo. É produzida em aproximadamente 88 países (KATO e SOUZA, 1987; CEREDA et al., 1996; LIMA, 2000; MLINGI et al. 1993 apud KIMARYO et al. 2000; COULIN, 2003; RAKSHIT, 2004).

Ocupa o 4º lugar na lista dos alimentos mais colhidos nos países em desenvolvimento depois do arroz, trigo e milho (MLINGI et al, 1992 apud KIMARYO et al. 2000).

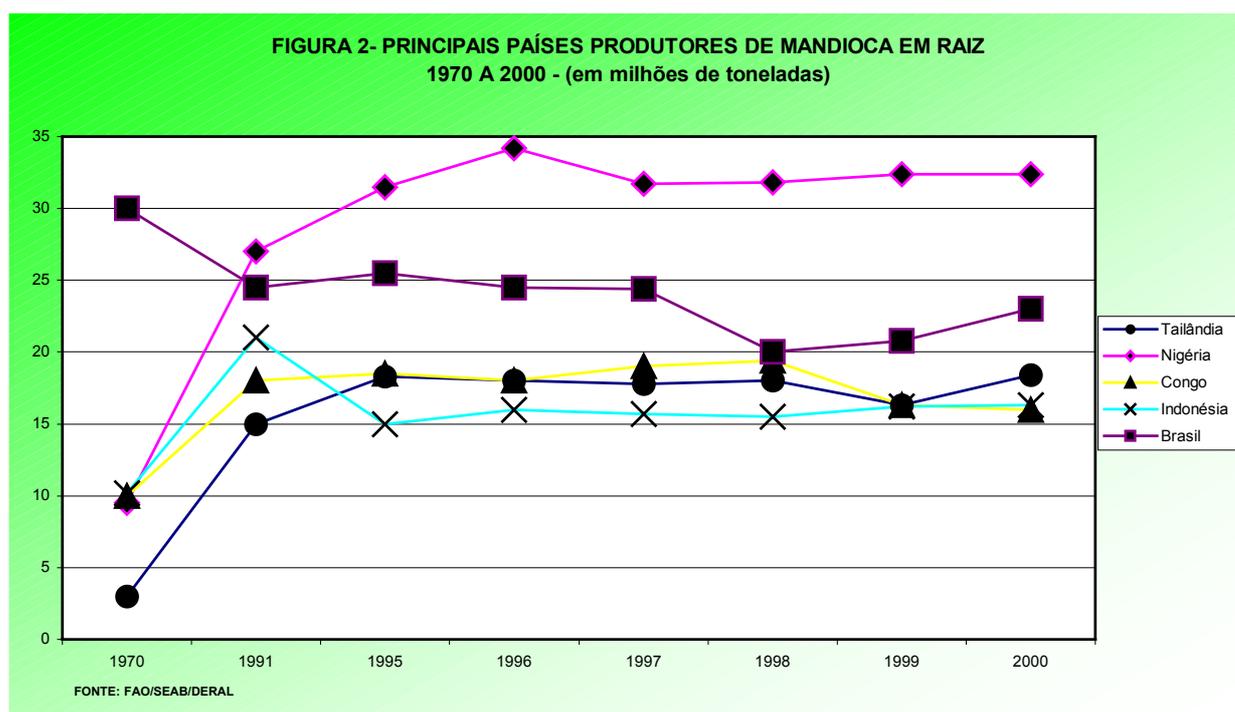
Segundo Groxko (2002), nos dados da FAO 2000 o Brasil ocupa o 2º lugar na produção mundial de mandioca, precedido pela Nigéria e seguido pela Tailândia.

A safra brasileira 2000/2001 foi de aproximadamente 23 milhões de toneladas (Figura 2), e ocupa o 1º lugar na produção da América Latina, segundo Pandey et al. (2001).

O cultivo da mandioca ocorre em todo território nacional, tendo o Nordeste em 1º lugar, o Norte em 2º e o Sul em 3º lugar (ICEPA).

A Tabela 1 mostra o comportamento de área e produção no Brasil e nos principais estados produtores nas safras 2000/2001-2002/2003.

Apesar de sua importância, alguns fatores limitam a expansão da cultura: rápida deterioração pós-colheita, baixo conteúdo de proteína e potencial toxigênico (KATO e SOUZA, 1987; MLINGI et al. apud KIMARYO et al., 2000; BADRIE e MELLOWS; WESTBY, 2002).



**Figura 2 Principais países produtores de mandioca**

(<http://www.pr.gov.br/seab/deral/cultura9.rtf>)

Um outro grande problema para a sua industrialização é a sazonalidade. Nos meses de abril a agosto as raízes apresentam-se maduras, com o máximo de

reservas de amido e ótimas para industrialização. Durante os meses de setembro a dezembro, a mandioca encontra-se no período de repouso vegetativo, onde parte do amido é consumido na brotação, reduzindo a produção em 50% (JUNIOR, 1971 apud LIMA, 2000).

A mandioca é considerada uma planta toxigênica, podendo acarretar intoxicações e até a morte de animais e do homem. Esta toxidez se deve principalmente a dois glicosídeos cianogênicos: a linamarina e a lotaustralina, que estão presentes na raiz, na proporção de 93% e 7%, respectivamente (BORGES et al., 1993; BRIMER et al., 1998; EDIJALA et al., 1999; NARTEY apud HAQUE e BRADBURY, 1999; TELES, 1987; WESTBY, 2002).

Quando a planta sofre algum tipo de lesão, pode desencadear, através de enzimas, a liberação do ácido cianídrico (HCN) (TELES, 1987).

**Tabela 1 Raiz de Mandioca – Área colhida e produção no Brasil e nos principais Estados – Safras de 2000/2001 a 2002/2003**

DISCRIMINAÇÃO	ÁREA COLHIDA (mil ha)			QUANTIDADE PRODUZIDA (mil t)		
	00/01	01/02	02/03	00/01	01/02	02/03
Brasil	1.667,2	1.692,9	1.645,4	22.577,1	23.131,2	22.453,7
Bahia	286,6	325,5	331,5	3.568,4	4.087,8	3.999,0
Pará	282,2	271,3	293,6	3.994,9	4.119,7	4.506,3
Paraná	172,9	157,8	110,8	3.615,3	3.427,1	2.438,2
Maranhão	140,5	151,2	163,8	1.034,0	1.145,3	1.242,9
Amazonas	94,9	95,0	98,7	956,9	944,5	982,0
Rio Grande do Sul	85,0	84,5	89,3	1.259,9	1.275,9	1.323,8
Ceará	84,3	86,6	87,4	731,8	815,3	822,2
Minas Gerais	63,6	62,0	60,4	823,6	858,8	851,3
Pernambuco	44,0	44,7	42,1	410,8	482,9	445,7
São Paulo	42,0	37,7	36,4	1.043,7	805,4	866,4
Piauí	41,2	43,1	39,8	428,7	353,6	377,5
Santa Catarina	38,0	32,0	28,4	709,0	583,0	538,9
Rio Grande do Norte	36,5	39,9	37,2	326,4	373,2	384,3

Mato Grosso do Sul	34,2	34,1	23,8	620,7	731,6	512,4
--------------------	------	------	------	-------	-------	-------

**FONTE:** IBGE (outubro de 2003).

O HCN atua na cadeia de transporte de elétrons, impedindo a passagem de oxigênio na célula, cessando a respiração celular, causando uma doença conhecida como “Konzo”. Também inibe a absorção de iodo pela glândula tireóide, causando o bócio.

A ação tóxica em animais é devido à afinidade com o ferro, reagindo com a hemoglobina e formando a cianohemoglobina (EDIJALA et al., 1999; FIORETTO apud LIMA, 2000; MLINGI et al. apud KIMARYO et al., 2000; WESTBY, 2002).

Lima (2000) afirma que existem no Brasil mais de 80 espécies de mandioca, que segundo Carvalho apud Lima (2000) são classificadas de acordo com o teor cianogênico. Estão divididas em duas grandes classes: as doces, “mansas” ou aipim com baixa toxidez (menos de 50mg HCN/ Kg de polpa crua) e as “bravas” ou amargas com alto teor cianogênico (mais de 100mg/Kg de polpa crua). Fioretto (1986) apud Lima (2000) afirma que a dose letal para o homem é de 1mg/Kg de peso vivo.

A variação do teor de ácido cianídrico depende da variedade, clima, solo, idade da planta e práticas culturais. Porém, segundo o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) (1989) citado por Lima (2000), as maiores variações nos teores de cianeto são genéticas.

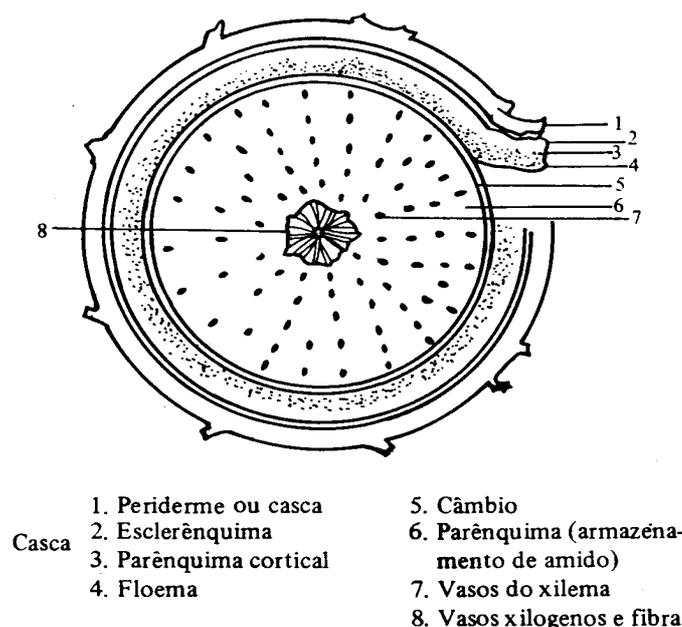
Outro problema, segundo Kato e Souza (1987); Mlingi apud Kimaryo (2000); e Westby (2002) e Badrie e Mellowes (2002) é a rápida deterioração da raiz, que deve ser utilizada em curto espaço de tempo após a colheita, resultando na perda de qualidade e quantidade.

A raiz é composta basicamente de película parda, entrecasca e polpa. Sua parte mais importante é a polpa ou parênquima, que está constituída basicamente de vasos de xilema distribuídos em forma de estrias nas quais se encontra o amido. No centro da raiz encontram-se os vasos xilógenos e fibra e na periferia o córtex ou casca (Figura 3).

Os sintomas da deterioração geralmente ocorrem nos tecidos parenquimatosos e nos vasos do xilema e se manifestam por mudanças na coloração dos tecidos. Esta coloração típica deve-se a presença de taninos.

Ocorrem dois tipos de deterioração: a fisiológica que inicia nas primeiras 48

horas após a colheita, devido a danos dos tecidos, causando mudança da coloração de branca a café e, a deterioração microbiana que ocorre em um período de 5 a 7 dias após a colheita, causada por fungos e bactérias, originando a podridão das raízes (KATO e SOUZA, 1987; BALAGOPALAN, 2002; WESTBY, 2002).



**Figura 3 Estrutura da raiz da mandioca** (HUNT et al. apud LIMA, 2000)

Cereda (1987), Balagopalan (2002), Westby (2002) afirmam que as raízes devem ser processadas num período máximo de 24 a 48 horas após a colheita, sendo que após este tempo há o escurecimento das raízes e dificuldade de remoção da película corticéa, resultando num produto final de má qualidade.

A industrialização da mandioca é uma boa alternativa para agregar valor a esta cultura tradicional cujo produto possui o teor de amido em torno de 80% sobre a matéria seca.

### 3 Amido

Polissacarídeo natural, carboidrato de reserva de energia dos vegetais, o qual se apresenta, diferentemente dos demais carboidratos, na forma de

grânulos, insolúveis em água fria, com formato e tamanho típico de cada vegetal. Representa de 70 a 80 % das calorias consumidas pelo homem (CHEFTEL, 1976; AMANTE, 1986; WURZBURG, 1986; WHISTLER e BEMILER, 1997; BULÉON et al., 1998; FENNEMA, 2000; JANE, 1995; FRANCO et al., 2001; ZOBEL e STEPHEN, 1995).

Um vegetal para servir de fonte de amido deve conter quantidade representativa deste carboidrato, ser de fácil extração e conter propriedades de interesse econômico (AMANTE, 1986).

É constituído basicamente por polímeros de  $\alpha$ -D-glicose: amilose e amilopectina, com forma e tamanhos diferenciados. Ambas as frações apresentam a fórmula  $(C_6H_{10}O_5)_n$ , de peso molecular elevado.

Geralmente, os amidos contém 20% de uma fração solúvel em água, a amilose, e 80% de uma fração insolúvel em água chamada amilopectina. São constituídas por unidades de D-(+)- glicose, diferindo em tamanho e estrutura molecular. Quando tratadas com ácido ou por ação enzimática, as frações do amido hidrolisam-se lentamente originando dextrina, (+) maltose e finalmente (+) glicose (MORRISON e BOYD, 1990; BULÉON et al., 1998).

O grânulo de amido apresenta ainda alguns componentes minoritários, entre eles lipídios (até 1%), proteínas (em torno de 0,4%) e material inorgânico (fósforo até 0,09%).

O fósforo tem um papel muito importante nas propriedades funcionais do amido, tais como no incremento na claridade (transparência), viscosidade, consistência e estabilidade da pasta. Na maioria dos cereais ele se apresenta na forma de fosfolipídios, os quais têm a tendência de formar complexos helicoidais com a amilose (MOORE, 2001 e SOARES et al., 2003). Estes complexos amilose-lipídio estão tão fortemente ligados que se torna difícil à extração dos lipídios, reduzem a capacidade de retenção de água e o inchamento do grânulo durante o cozimento, formando uma pasta de menor viscosidade e aparência opaca. Já nos amidos de tubérculos e raízes, o fósforo está na forma de mono-éster fosfato, promovendo sua natureza hidrofílica por introduzirem nas cadeias de amido os grupos fosfatos, carregados negativamente, aumentando a sua capacidade de ligação com a água, poder de inchamento e claridade de pasta (FRANCO et al., 2001).

A mais importante propriedade prática do amido é a sua habilidade de inchamento e de produzir uma pasta viscosa quando aquecido, em suspensão aquosa (CHEFTEL, 1976; VILELA e FERREIRA, 1987; FENNEMA 2000).

Milho, milho ceroso, milho com alto teor de amilose, trigo, arroz, batata, batata-doce e mandioca são citados por Whistler e BeMiller (1997) como as fontes mais comuns de amido.

Os amidos mais comercializados são os de batata, milho e mandioca, estando o de batata em primeiro lugar (ROSENTHAL e LIMA apud AMANTE, 1986).

### **3.1 Estrutura do grânulo**

Os grânulos de amido apresentam variações inter e intra espécies, medindo de 1 a 2 $\mu$ m até cerca de 200  $\mu$ m, os quais têm seus constituintes, amilose e amilopectina, organizados a partir do hilo. Apresentam-se de formas ovais, esféricas, definidas e até irregulares (AMANTE, 1986; BULÉON et al., 1998; WHISTLER e BEMILER, 1997; FRANCO, 2001; ZOBEL e STEPHEN, 1995).

De acordo com a intensidade das associações da amilose e amilopectina através de pontes de hidrogênio ou de água, formam micelas radialmente orientadas a partir do hilo, com áreas cristalinas e não-cristalinas ou semicristalinas, em camadas alternadas, comprovadas através de diferentes padrões de difração de raioX (CHEFTEL, 1976; AMANTE, 1986; FENNEMA, 2000; SOARES, 2003).

Os grânulos de amido são compostos de diversas camadas superpostas ao redor de um ponto chamado hilo, o qual pode ser central ou excêntrico. Estas camadas são resultantes da deposição de amido de diferentes graus de hidratação (o que ocasiona índices de refração diferentes), resultantes da presença de amilose e amilopectina (BELITZ e GROSCH, 1997; FRANCO et al., 2001).

Através de estudos de microscopia eletrônica de varredura, microscopia de transmissão e, recentemente, de microscopia de força atômica, evidenciam que as lamelas cristalinas e amorfas de amilopectina estão organizadas em

estruturas grandes, mais ou menos esféricas, denominadas “blocos” (*blocket*) (SOARES, 2003).

Hoseney (1991); Gallant et al. (1997); Whistler e Bemiller (1999) associam a cristalinidade ou semi-cristalinidade do grânulo diretamente com a molécula de amilopectina, porque o amido que não contém amilose apresenta um grau inalterado de cristalinidade.

O grau de organização dos polímeros do amido é pouco conhecido, porém evidências demonstram que existem camadas (lamelas) cristalinas e amorfas alternadas, as quais representariam respectivamente as regiões ordenadas e desordenadas da amilopectina (SOARES, 2003).

A maioria dos amidos contém 20 a 30% de amilose e de 70 a 80% de amilopectina, com exceção dos amidos de milho cerosos, que contém 100% de amilopectina (BELITZ e GROSCH, 1997).

O alto grau de orientação das moléculas no grânulo dá origem, sob luz polarizada, ao fenômeno chamado de birrefringência, ou seja, à formação da Cruz de Malta, comprovando, segundo French apud Amante (1986), a orientação radial das cadeias moleculares.

Gallant et al. (1997) ao utilizarem-se de um filtro adicional sob luz polarizada confirmaram uma birrefringência positiva dos grânulos de amido, o que, teoricamente, comprova uma orientação radial do eixo principal dos cristais.

Existem basicamente três padrões cristalinos, que podem ser visualizados sob difração de raio X: A, B e C (HIZUKURI, 1985; AMANTE, 1986; BELITZ e GROSCH, 1997; MOORE, 2001; SOARES, 2003). O padrão A é encontrado principalmente em cereais; o padrão B, em amido de tubérculos, de frutas, em amido de cereais de alto teor de amilose e de amidos retrogradados e, o padrão C é intermediário entre as formas A e B e, é característico de leguminosas (MOORE, 2001; FRANCO et al., 2001; SOARES, 2003). Segundo Mestres (1996) os grânulos de amido tipo A apresentam maiores picos de intensidade de refração para os ângulos a 2 Å a 15, 17, 18 e 23 Å; o tipo B, para os ângulos a 2 Å a 5, 6, 15, 16, 17, 22 e 23 Å e, o tipo C apresenta mistura das características de A e B com predominância de A. A partir da área dos picos de difração de raio X calcula-se a cristalinidade, sendo para a maioria dos amidos de 15 a 45% cristalinos (ZOBEL e STEPHEN, 1995).

A difração de raio X serve de informação adicional na caracterização de amidos pois, está relacionada às quantidades de regiões cristalinas e amorfas, as quais são típicas para amidos provenientes de certas espécies vegetais e é interpretado como “cristalinidade do grânulo ao raio X” (AMANTE, 1986; MOORE, 2001 e FRANCO et al., 2001).

A variação existente na cristalinidade dos grânulos de amido é determinada pelo comprimento da cadeia de amilopectina, pois as cadeias de amilopectina dos amidos do tipo A são mais curtas que as do tipo B. Foi verificado que amidos tipo A e B com cadeias curtas e longas, respectivamente, são menos sensíveis à temperatura, que os amidos do tipo C, com cadeias intermediárias. Porém, o efeito da temperatura sobre a cristalinidade dos grânulos é variável segundo a cultivar (HIZUKURI, 1985).

Gunaratne e Hoover (2002) creditam a diferença de cristalinidade entre os amidos ao tamanho dos cristais, a orientação das duplas hélices (dentro dos cristais), ao comprimento médio das cadeias de amilopectina e ao percentual molar das frações de cadeia curta de amilopectina (DP 10 - 13).

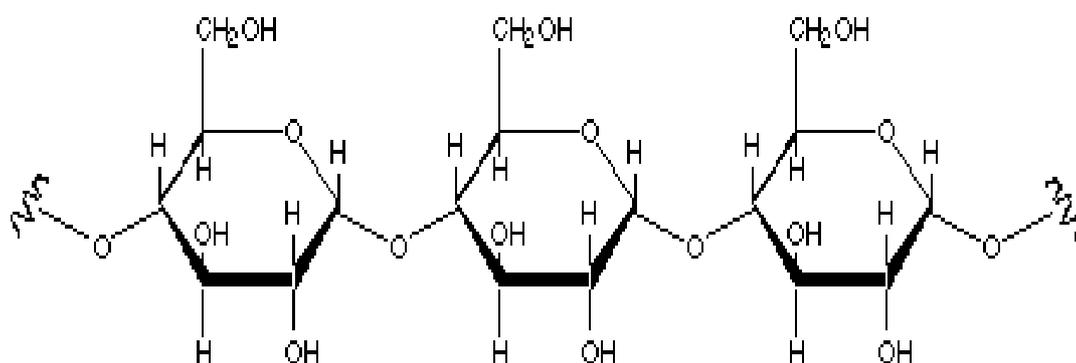
### **3.2 Amilose e amilopectina**

O grânulo de amido apresenta duas frações distintas: amilose e amilopectina. A amilose (Figura 4) é basicamente uma molécula linear, embora alguns autores discordem está estabelecido que ela possui poucas ramificações (0,3 a 0,5% do total das ligações), de cadeia longa, contendo 200 ou mais unidades de  $\alpha$ -D-glicose unidas por ligações  $\alpha$  1-4. Possui a tendência de formar hélice e girar, mesmo através de várias camadas de amilopectina.

A amilopectina (Figura 5) é uma molécula altamente ramificada, de cadeias curtas, possuindo cerca de 1000 unidades de  $\alpha$ -D-glicose unidas por ligações  $\alpha$  1-4 e com 5 a 6 % de ligações  $\alpha$  1-6, nas ramificações (CHEFTEL, 1976; AMANTE, 1986; ZANIN apud CURTO, 1998; WHISTLER e BEMILER, 1997; BULÉON et al., 1998; FENEMA, 2000; MOORE, 2001; FRANCO et al., 2001; SOARES, 2003; ZOBEL e STEPLEN, 1995). As ramificações da amilopectina possuem dupla hélice e o comprimento das cadeias varia com a origem do amido e a espécie,

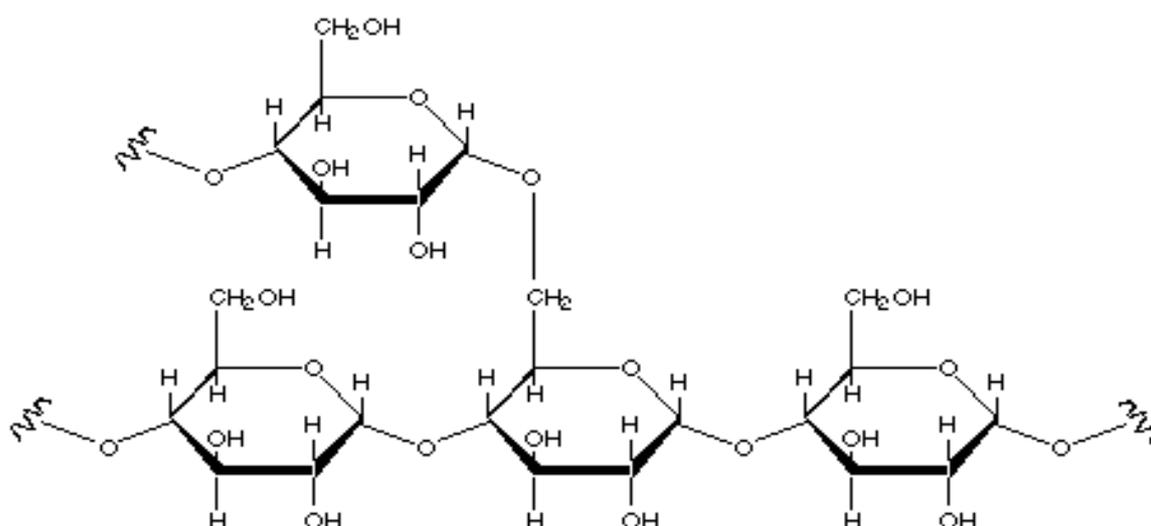
porém é comum apresentarem entre 20 e 30 unidades de glicose (BELITZ e GROSCH, 1997; MOORE, 2001;FRANCO et al., 2001; SOARES, 2003).

Em presença de iodo ela dá coloração avermelhada e é estável em soluções aquosas diluídas. Uma molécula de amilopectina consiste de uma cadeia principal chamada C, a qual estão ligados o grupo redutor e numerosas ramificações, chamadas de cadeia B.



**Figura 4 - Estrutura básica da amilose**

(<http://www.cepis.org.pe/eswww/repamar/gtzproye/impacto/image169.gif>)



**Figura 5 Estrutura básica de amilopectina**

(<http://www.cepis.org.pe/eswww/repamar/gtzproye/impacto/image170.gif>)

A unidade de glicose terminal da cadeia polimérica tem um grupo aldeído latente (- HOCH<sub>2</sub>), e este é conhecido como grupo redutor ou extremidade redutora do amido (ZANIN, 1989).

As diferenças entre as moléculas de amilose e amilopectina podem ser evidenciadas através do peso molecular, grau de polimerização e outras propriedades físico-químicas (Tabela 2).

Hoseney (1996) afirmam que a natureza linear e de grande longitude da amilose lhe confere propriedades singulares como capacidade de complexar com o iodo, formando um complexo de cor azul, com álcoois ou ácidos orgânicos; formação de precipitado em solução de amido com a adição de NaOH ou DMSO (dimetilsulfóxido) e também a associar-se consigo mesma e precipitar na solução.

**Tabela 2 Características comparativas entre as cadeias de amilose e de amilopectina**

<b>Características</b>	<b>Amilose</b>	<b>Amilopectina</b>
Porcentagem do peso molecular no grânulo	15 - 35%	65 - 85%
Porcentagem de ramificações α 1-6	<1%	4 - 6%
Massa molecular (Da)	10 <sup>4</sup> - 10 <sup>5</sup>	10 <sup>7</sup> - 10 <sup>8</sup>
Grau de polimerização	10 <sup>2</sup> - 10 <sup>3</sup>	10 <sup>3</sup> - 10 <sup>4</sup>
Comprimento da cadeia	3 - 1000	3 - 50

Fonte: Ball (1998) apud Soares (2003).

A amilose diferencia-se também da amilopectina devido à quantidade relativa de componentes minoritários associados a sua molécula, visto que sua molécula apresenta-se complexada com os lipídios presentes no grânulo, influenciando as propriedades reológicas do amido.

De amido para amido os teores de amilose e amilopectina podem variar nas quantidades relativas, tamanho, forma e modo de associação no grânulo, o que determina a extensão e o tipo de estrutura cristalina (AMANTE, 1986). A proporção destas moléculas é característica da espécie vegetal (Tabela 3).

**Tabela 3 Teores de amilose e amilopectina de amidos de algumas espécies vegetais**

<b>Origem</b>	<b>Amilose (%)</b>	<b>Amilopectina (%)</b>
Mandioca	17	83
Milho	24	76
Trigo	25	75
Batata	20	80
Ervilha	40	60

Fonte: Ciacco e Cruz (1982) apud Vilela e Ferreira (1987)

### **3.3 Gelatinização**

Os grânulos de amido sofrem hidratação e expansão quando são submetidos ao aquecimento com excesso de água (>60%), resultando no inchamento do amido em várias vezes o seu tamanho original e na solubilização da amilose. Esta solubilização pode ser pelo uso de água, solventes orgânicos apropriados, soluções alcalinas ou sais ( $\text{CaCl}_2\text{KI}$ ), convertendo a cristalinidade do amido granular à forma dispersa e estado amorfo (AMANTE, 1986; FRANCO et al., 2001; MOORE, 2001; SOARES, 2003).

O fenômeno da gelatinização também é descrito por Whistler apud Moore (2001) como o derretimento dos cristais do amido.

Com o inchamento do grânulo ocorre a perda da birrefringência ou da cristalinidade e aumento da claridade da pasta. No resfriamento a opacidade da pasta tende a aumentar e também sua firmeza, variando estes fatores de acordo com a origem do amido.

O comportamento térmico dos amidos envolve gelatinização, solubilização, transição vítrea, cristalização, mudança da estrutura cristalina, volume de expansão, degradação molecular e movimento de água (YU e CHRISTIE, 2000).

A gelatinização é um processo de absorção de energia e pode ser caracterizada por uma endoterma obtida através de calorimetria diferencial de varredura, a perda da birrefringência é observada com microscópio de luz polarizada (perda da Cruz de Malta) e o desaparecimento da cristalinidade

evidenciada pela difração de raio X (YU e CHRISTIE, 2000; FRANCO et al., 2001; SOARES, 2003; WHISTLER e BE MILLER, 1997).

Através de microscopia, a desorganização dos grânulos pelo tratamento térmico revela o envolvimento de diversos estágios durante o aquecimento e que cada grânulo apresenta a sua própria cinética. Em cada grânulo a região mais sensível ao aquecimento é a região central, pois é a que se desorganiza primeiro. A fácil difusão de água na região central, menos organizada, facilita o inchamento dos grânulos o que, segundo Garcia et al. (1997) indica que as modificações químicas predominam nessas regiões.

Os grânulos, devido à heterogeneidade dos seus cristais, não gelatinizam a mesma temperatura. Os grânulos maiores geralmente gelatinizam primeiro, portanto, a temperatura de gelatinização representa uma soma de eventos particulares e a gelatinização ocorre em uma faixa de temperatura.

Yu e Christie (2000) afirmam que há um pico claro endotérmico na temperatura na faixa entre 54 e 73°C, para diferentes amidos, e isto foi definido como temperatura de gelatinização.

No grânulo de amido em excesso de água, sob aquecimento, ocorre o aumento da viscosidade e formação de pasta. A pasta é formada por duas fases: uma dissolvente, contendo os polímeros dissolvidos (amilose), e uma fase dispersa, constituída pelos grânulos inchados e enriquecidos de amilopectina (FRANCO et al., 2001; MESTRES apud SOARES, 2003).

Segundo Whistler e Bemiller (1997); Hosney (1997) a gelatinização e a formação de pasta ocorrem porque com o aumento da temperatura da suspensão amido-água, as moléculas no grânulo vibram e giram tão violentamente fazendo com que as ligações de hidrogênio intermoleculares sejam quebradas e substituídas por ligações de hidrogênio da molécula de água, produzindo uma hidratação extensiva. O efeito de mobilidade é percebido primeiramente nas regiões amorfas, as quais estão num estado vítreo, não cristalino. Quando os grânulos aquecidos, na presença de até 60% de água, que é plasticizante para o amido, alcançam a sua temperatura de transição vítrea ( $T_g$ ), as regiões amorfas plasticizadas sofrem uma transição de fase, passando do estado vítreo para um estado “borrachoso”.

Devido a formação de pasta, os métodos viscosimétricos são úteis no estudo de amidos, afirma Barhan (1946) apud Amante (1986).

Informações sobre temperatura de formação de pasta, resistência à ação mecânica dos grânulos inchados, viscosidade máxima e temperatura na qual ocorre e, também, influência do resfriamento sobre a viscosidade são obtidos a partir de curvas de viscosidade.

O instrumento tradicionalmente usado para construir estas curvas é chamado viscoamílografo Brabender, o qual registra a alteração da viscosidade de um sistema amido-água, sob agitação, em relação a temperatura e tempo (AMANTE, 1986; FRANCO et al., 2001; MOORE, 2001; SOARES, 2003).

O amido de mandioca é de alta expansão pois seus grânulos sofrem grande inchamento e em temperaturas mais baixas, porém as forças associativas tornam-se frágeis, sob agitação mecânica, o que faz com que o seu viscograma Brabender apresente um pico de viscosidade, seguido de uma acentuada queda durante o aquecimento. Recentemente vem sendo usado novo aparelho para construção de curvas de viscosidade, chamado Rapid Viscoanalyser (RVA) (FRANCO et al., 2001).

Amidos apresentam faixas características de temperatura de gelatinização e isto tem sido útil na determinação da origem de certos amidos (Tabela 4)

**Tabela 4 Características do grânulo de amido de diferentes fontes botânicas**

Fonte	Diâmetro ( $\mu\text{m}$ )		T de gelatinização ( $^{\circ}\text{C}$ )
	Variação	Média	
Milho	21 - 96	15	61 – 72
Batata branca	15 - 100	33	62 – 78
Batata doce	15 - 55	25 - 50	82 – 83
Mandioca	6 - 36	20	59 – 70
Trigo	2 - 38	20 – 22	53 – 64
Arroz	3 - 9	5	65 – 73

Fonte: Fennema (1993)apud Moore ( 2001).

O poder de inchamento e de solubilização dos grânulos de amido dos tubérculos é superior ao de cereais.

A propriedade de gelatinização, a determinação do poder de inchamento e o índice de solubilização têm contribuído para mostrar o grau de ligações associativas nos grânulos (AMANTE, 1986).

O poder de inchamento é uma medida da capacidade de hidratação dos grânulos, porque a sua determinação consiste no peso do grânulo intumescido (inchado) e de sua água oclusa (ASAOKA et al., 1992).

Durante o aquecimento de uma suspensão aquosa de amido as áreas amorfas absorvem água rapidamente e incham, permanecendo unidas pelas regiões cristalinas, que mantêm a integridade dos grânulos pois permitem que ocorra o inchamento dos grânulos mas não a completa dispersão das macromoléculas. Os grânulos inchados são elásticos e responsáveis pela viscosidade das pastas. Quando a temperatura de uma suspensão de amido supera o limite de gelatinização, as pontes de hidrogênio são rompidas, as moléculas de água se ligam aos grupos hidroxilas liberados e os grânulos continuam se expandindo (RICKARD et al., 1991).

Quando a fricção é muito grande, os grânulos fragilizados rompem-se, causando redução de viscosidade (HODGE e OSMAN apud FRANCO et al., 2001). O aumento da solubilidade, claridade de pasta e viscosidade são conseqüências diretas do intumescimento (CIACCO e CRUZ apud FRANCO et al., 2001).

As características viscoelásticas determinam a potencialidade de uso do amido. O amido de cereais é mais consistente, pouco viscoso e de coloração mais opaca, com aplicação para pudins e sobremesas prontas. O amido de tubérculos apresenta géis mais fracos, pouco consistentes porém mais viscosos e transparentes, características altamente vantajosas para utilização na industrialização de alimentos e outros usos industriais como engomagem de tecidos finos (CEREDA, 1995)

A transparência da pasta é um atributo importante e é afetada pelo conteúdo de amilose, onde grandes teores de amilose geram pastas mais opacas, também pelo pH, presença de sais e procedimentos de solubilização (FRANCO et al., 2001).

A viscosidade da pasta está relacionada com as características estruturais dos amidos e, portanto, a fatores como: fonte de origem, teor de amilose,

tamanho de comprimento de cadeias ramificadas de amilopectinas, teores de mono-éster fosfato, fosfolipídios e lipídios, proteínas, fibras, estruturas cristalinas, tamanho de grânulos, arquitetura granular, presença de cátions metálicos, incorporação de emulsificantes e, também, adição de ácidos, bases e ação de enzimas (AMANTE, 1986; FRANCO et al., 2001; GUNARATNE e HOOVER, 2002).

Estudos recentes têm demonstrado que variações genéticas, condições climáticas e de solo, idade da cultura e época de colheita também afetam propriedades morfológicas do amido, tais como forma e tamanho dos grânulos, propriedades físicas, como as características reológicas, principalmente com a viscosidade e retrogradação e nas propriedades químicas, como o teor de amilose e teor de fósforo (FRANCO et al., 2001; SRIROTH et al., 1999 apud CHATAKANONDA et al., 2002).

### **3.4 Retrogradação**

Durante o armazenamento das pastas de amido, as moléculas gelatinizadas do polímero começam a se reassociar, fazendo com que ocorra a formação de cristais, favorecendo uma estrutura mais ordenada (ATWELL, 1988).

Com o resfriamento do gel, as cadeias do amido perdem energia e as pontes de hidrogênio entre os grupos hidroxila das moléculas de amilose adjacentes ficam mais fortes, proporcionando firmeza do gel e aumento da opacidade do mesmo (CIACCO et al. e COLLISON apud AMANTE, 1986; HOSENEY, 1996). Este processo de cristalização das cadeias de amido recebe o nome de retrogradação.

Com a formação de microcristais, em consequência da progressiva associação das moléculas em partículas maiores, ocorre a precipitação do amido da solução, parecendo voltar à condição de insolubilidade em água fria, característica típica do grânulo, daí o nome retrogradação (AMANTE, 1986; FRANCO et al., 2001).

Segundo diversos autores, independente do cristal do amido nativo de origem do gel, os cristais formados no gel serão sempre do tipo B, formados de

amilose e amilopectina. Porém, os cristais de amilose fundem-se entre 120 e 150°C enquanto que os de amilopectina fundem-se a temperaturas próximas de 50°C (FRANCO et al., 2001).

A retrogradação da amilose ocorre em três estágios, iniciando com estiramento da  $\alpha$  hélice por quebra das pontes intramoleculares, em seguida ocorre a perda das pontes de água e a reorientação das moléculas com formação de pontes de hidrogênio entre moléculas adjacentes. Neste processo ocorre o fenômeno chamado sinerese, que corresponde à expulsão da água para fora do gel (HOLLO apud AMANTE, 1986).

Ishiguro et al.(2000) afirmam que a retrogradação está correlacionada com teor de amilose e distribuição do tamanho da cadeia, ou seja, ela ocorre preferencialmente na amilose e nas cadeias mais longas de amilopectina.

A retrogradação é dependente do peso molecular dos polímeros envolvidos, sendo maior em cadeias de tamanho médio e menor em cadeias maiores, onde as menores desenvolvem movimento browniano, impedindo a formação de associações duráveis (WHISTLER e JOHNSON apud AMANTE, 1986).

Jane (1995) afirma que a taxa de retrogradação depende das cadeias longas de amilose que, com cerca de 100 unidades de glicose, têm grande tendência a retrogradar.

Outros fatores exercem influência sobre a retrogradação, entre eles pH, temperatura e teor de fosfolipídios. Ácidos fortes em pequenas concentrações concorrem para o rompimento das ligações  $\alpha$ -1-6 das ramificações, facilitando a ocorrência da retrogradação. Este fenômeno é reduzido com o aumento do pH e inexistente em soluções alcalinas. Já a temperatura exerce seu efeito sobre o movimento browniano das moléculas. Temperaturas altas intensificam o movimento e em temperaturas muito baixas ele é praticamente inexistente, o que em ambos os casos, dificulta a associação molecular (ALBRECHT et al., COLLISON e FOSTER apud AMANTE, 1986).

Lin e Czuchajowska (1998) afirmam que altos teores de fosfolipídios reduzem a retrogradação de amidos. A remoção dos fosfolipídios por desengorduramento das amostras torna o grupo hidroxila das unidades da glicose

disponível para a formação de novas pontes de hidrogênio e, conseqüentemente, aumento da retrogradação.

Kalichevski et al., 1990; Orford et al., 1987 apud Gunaratne e Hoover (2002) confirmam que a amilopectina de amidos do tipo B retrograda mais que as do tipo A (cereais ) e do tipo A+B (legumes), isto foi atribuído ao menor comprimento das cadeias de amilopectina de amidos do tipo A.

Cereda apud Franco (2001) observou que quanto maior a queda da viscosidade de uma pasta de amido em Viscograma Brabender, maior a retrogradação da pasta.

No amido retrogradado, além do aumento da firmeza do gel e da perda da solubilidade em água fria, observa-se também alta resistência ao ataque de enzimas amilolíticas e por ácidos minerais (AMANTE, 1986 ; FRANCO et al., 2001).

Amidos de diferentes fontes possuem taxas de retrogradação distintas. É possível observar, através de curvas de retrogradação, que os amidos de milho, trigo, batata, batata-doce, araruta, mandioca e milho ceroso apresentam tendências decrescentes à retrogradação (AMANTE, 1986; MOORE, 2001).

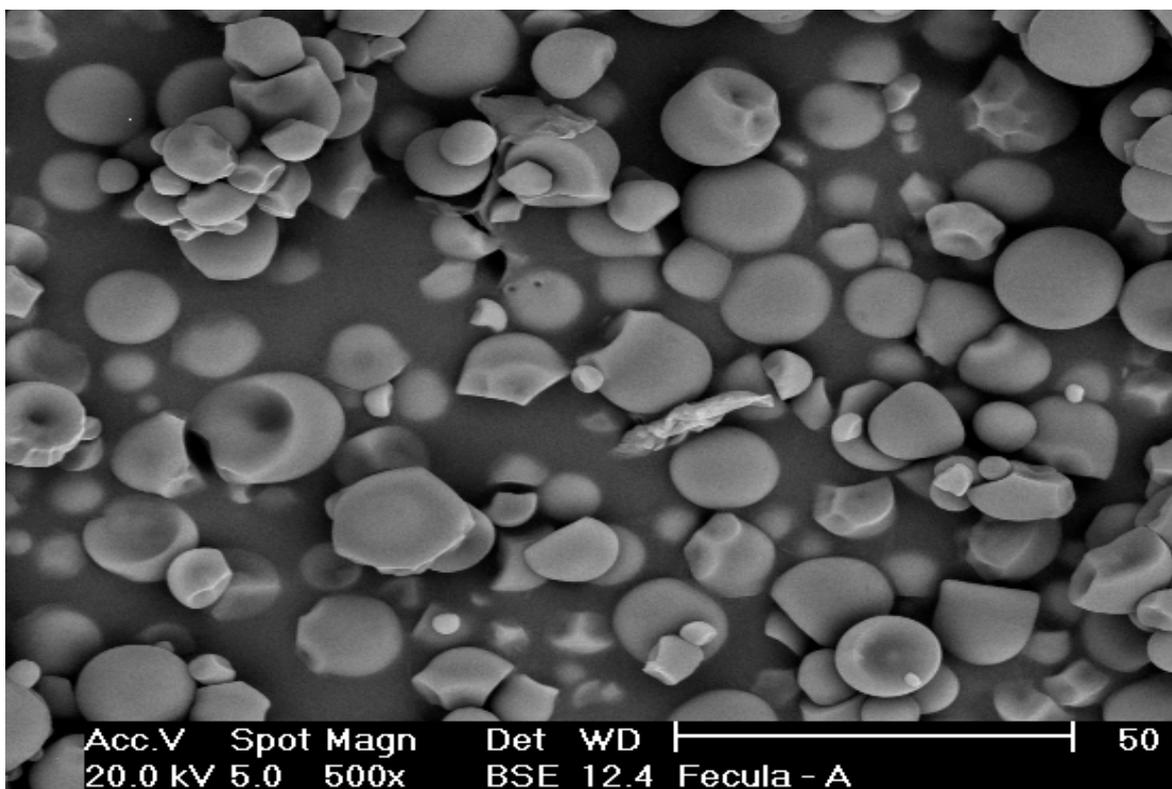
#### **4 Amido de Mandioca**

“O amido ou fécula de mandioca é a substância amilácea extraída das raízes de mandioca, obtida por decantação, centrifugação ou outros processos tecnológicos adequados”, de acordo com Resolução 66 de 15/05/71 – Normas de Classificações de Produtos Amiláceos (BRASIL, 1971, Ministério da Agricultura).

Nas raízes de mandioca o amido é a substância de reserva com teores de 20 a 30% na matéria úmida e cerca de 80 a 90% de amido na matéria seca (VILELA e FERREIRA, 1987).

O amido de mandioca, devido a sua composição, não é apropriado para a fabricação de pães, somente quando associado com outros componentes, pois possui baixo teor de proteínas e ausência de glúten (RAKSHIT, 2004).

O amido de mandioca pode ser encontrado nas formas: redonda, oval, truncada, poligonal e cilíndrica, de acordo com Rickard et al. apud Franco et al., (2001) e redonda, cupuliforme, mitriforme, sacciforme, pentagonal e arredondada, conforme Rosenthal et al. (1974) (Figura 6).



**Figura 6** Micrografia eletrônica de varredura (500 X) de grânulos de amido nativo (fécula) de mandioca. (Acervo do autor).

Nos grânulos de amido de mandioca predominam as formas redondas ou ovais com alguns côncavo-convexos característicos. Não são vistos estriamentos, o hilo é cêntrico, algumas vezes levemente fissurado e, sob luz polarizada, observa-se perfeitamente a Cruz de Malta. Seu tamanho varia de 5 a 55 $\mu$ m de diâmetro, tendo em média o diâmetro de 20 $\mu$ m (AMANTE,1986; FRANCO et al.,2001; GUNARATNE e HOOVER, 2002).

A densidade média dos grânulos, a 30°C, para a fécula de mandioca, varia entre: 1,4857 g/mL (CIACCO e D'APPOLONIA, 1977), 1,5186 g/mL (SARMENTO, 1994) e 1,5270 g/mL (GIACOMETTO, 1984) apud Franco et al., 2001.

Gunaratne e Hoover (2002) encontraram  $19,8 \pm 0,20\%$  para o conteúdo de amilose aparente e,  $22,4 \pm 0,13\%$  para amilose total (amilose após remoção do lipídio ligado).

Segundo Daiuto (2000), o teor de amilose do amido de mandioca de dois cultivares (Mico e Branca de Santa Catarina) foi de 23,5 e 16,6% respectivamente, utilizando amilose extraída da própria origem como padrão (o que gera resultados mais confiáveis) e comprimento de onda de 590 nm.

O valor da cristalinidade dos grânulos de amido de mandioca é de 38% (ZOBEL apud FRANCO et al., 2001; ZOBEL, 1998 apud GUNARATNE e HOOVER, 2002) e o seu tipo cristalino é C com características de A e B, mas predominando o do tipo A (MESTRES apud FRANCO et al., 2001; GUNARATNE e HOOVER, 2002).

As características dos grânulos refletem as propriedades dos amidos. A pasta de amido de tubérculos e raízes apresenta géis mais fracos e pouco consistentes, porém são de alta viscosidade, translúcidos, longos, coesivos, fibrosos (AMANTE, 1986; CEREDA apud FRANCO et al., 2001; WHISTLER e BEMILLER, 1997 apud FREITAS, 2003) e de baixa tendência para retrogradar pelo seu baixo conteúdo de amilose (aproximadamente 17%) e baixo conteúdo de lipídios (RAKSHIT, 2004).

Na Tabela 5 pode-se observar algumas propriedades do amido de mandioca, comparativamente a outros amidos de outras fontes.

**Tabela 5 Propriedades do amido de mandioca comparado com alguns outros amidos**

<b>Amido</b>	<b>Viscosidade de pasta</b>	<b>Textura de pasta</b>	<b>Clareza de pasta</b>	<b>Grau de retrogradação</b>
Batata	Muito alta	Longa	Clara	Médio
Milho	Médio baixa	Curta	Opaca	Alto
Trigo	Baixa	Curta	Turva	Alto
Mandioca	Alta	Longa	Muito clara	Baixo

Fonte: Raskit (2004)

Os amidos de mandioca são menos resistentes à degradação enzimática (RICKARD apud FRANCO et al., 2001), têm temperatura de gelatinização mais baixa que a de amidos de cereais, o seu poder de inchamento a 70°C é de 30 g/g, enquanto o de amido de milho é de 10/10 g/g de amido e o índice de solubilização também é maior (AMANTE, 1986; GORINSTEIN e LII, 1992; CEREDA apud FRANCO et al., 2001).

O amido de mandioca é de alta expansão, pois os seus grânulos sofrem grande inchamento quando aquecidos em água, porém as forças associativas internas tornam-se frágeis com a agitação mecânica, fazendo com que o viscoamilograma Brabender apresente pico de viscosidade seguido de acentuada queda durante o cozimento

A consistência das pastas de amido de mandioca aumenta muito pouco com o resfriamento o que indica um baixo potencial para a formação de gel, ao contrário do que ocorre com cereais e leguminosas (RICKARD et al., 1991).

Swinkels apud Franco et al. (2001) afirma que as moléculas mais longas da amilose do amido de mandioca possuem uma tendência menor a retrogradação e uma força de ligação mais elevada se comparadas às amiloses de baixo grau de polimerização como são as do milho e trigo.

Pela alta pureza e baixo custo, o amido de mandioca é muito utilizado pela indústria (CHATAKANONDA et al., 2002).

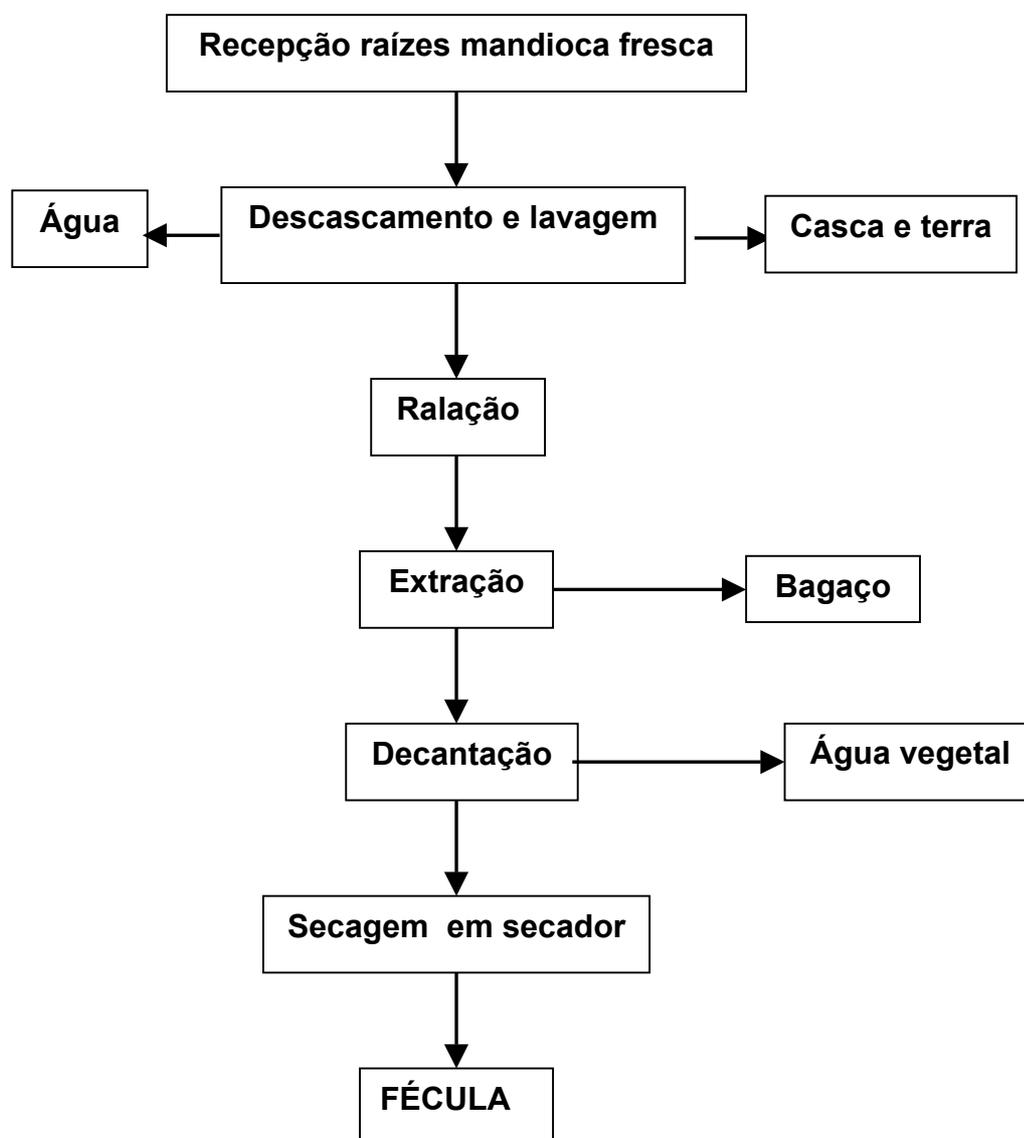
#### **4.1 Tecnologia de produção do amido de mandioca**

No Brasil, as indústrias de mandioca tornaram-se conhecidas em função da obtenção de produtos amiláceos. Nas Casas de Farinha a mandioca é transformada em farinha e, nas fecularias extraem da mandioca a fécula ou amido.

As empresas especializadas na produção de fécula estão distribuídas principalmente nos estados do Mato Grosso, Paraná, Santa Catarina e São Paulo. Suas escalas variam de pequeno a médio porte, até agroindústrias (RAUPP et al., 1999 ; LIMA , 2000; MAEDA e CEREDA, 2001).

O processo de produção de amido (Figura 7) consiste na colheita ou recebimento das raízes, lavagem, descascamento, picagem e/ou ralação,

prensagem, tamização da massa sob água corrente. O bagaço acumulado é eliminado e a fécula é arrastada pela água e separada desta por decantação em tanques ou planos inclinados ou por centrifugação.



**Figura 7 – Fluxograma sintético da produção de fécula de mandioca**  
(LIMA, 2000).

A fécula obtida é secada em secadores de túnel ou *flash – dryer* (LEONEL e CEREDA, 2000; BALAGOPALAN, 2002). Os tipos de equipamentos utilizados na extração da fécula variam de acordo com a escala industrial.

A Tabela 6 ilustra as etapas de extração da fécula de mandioca, os equipamentos utilizados em cada etapa de acordo com o tipo de indústria.

**Tabela 6 Etapas de extração da fécula de mandioca e equipamentos utilizados de acordo com porte da agroindústria**

Etapas da extração		Equipamentos utilizados
1. Lavagem e descascamento das raízes		a) Manual b) Lavador-descascador c) Lavador-descascador
2. Ralação		a) Ralos manuais b) Ralador depurador c) Picador e desintegrador
3. Separação do leite de amido		c) Peneiras de taquara ou peneiras b) Peneiras vibratórias plana, GLs c) Extratores (GLs)
4. Purificador do amido		a) Cochos de madeiras b) Centrífugas e canchas de decantação c) Centrífugas e ciclones
5. Secagem		a) Ao sol em terreiros b) Secador tipo túnel, girau c) Secador pneumático (flash-dryer)
a) Processo rústico artesanal	b) Pequenas e médias indústrias	c) Grandes indústrias

Fonte: Adaptado de Vilela e Ferreira, 1987.

Sriroth et al. (1999); Chatakanonda et al. (2002) mostraram que alguns fatores influem na qualidade do amido de mandioca. A quantidade de chuva durante a colheita influe na temperatura de pasta, a qual aumenta na estação seca e diminui na estação chuvosa. Também a idade da colheita influencia, pois as raízes de mandioca estão maduras após 12 meses e, geralmente, são colhidas com 14 a 16 meses. Esta demora resulta no aumento do conteúdo de amido, diminuição no conteúdo de água e aumento no teor de fibras, o que dificulta a extração do amido. Nos amidos de grânulos mais velhos há a diminuição no teor de amilose e alteração da distribuição do tamanho do grânulo. As condições do meio ambiente alteram o poder de inchamento, a temperatura de pasta e de gelatinização.

Estas variabilidades causam dificuldades na otimização da viabilidade comercial do amido de mandioca

O amido nativo ou modificado pode ser usado para diversos fins industriais.

El-Dash (1987); Vilela e Ferreira (1987); Carvalho et al. (1996); Pandey et al. (2000); Chuzel et al. (2002); Cardoso e Souza (1996) apud Lima (2000); Balagopalan (2002) e Rakshit (2004) destacam a importância da mandioca na alimentação humana (aproximadamente 60% da produção de mandioca) e animal, como também na produção de inúmeros produtos industriais, tais como farinha de mesa, farinha panificável, polvilho doce e azedo para confecção de pães de queijo, biscoitos, massas alimentícias e panificáveis (macarrão, pão, bolachas e bolos), espessantes em sopas, pudins, alimentos infantis, sagu, tapioca, indústrias de carne e embutidos (presunto, salame e mortadela), , xaropes de glicose (amido de mandioca é preferido na fabricação de glicose devido o seu baixo teor de proteínas afirma CÔNSOLE, 1998), dextrinas, maltose, maltodextrinas, amidos pré-gelatinizados, oxidados, esterificados, glutamato de sódio, lisina, ácido cítrico, ácido láctico, manitol, sorbitol produtos de cervejarias, bebidas fermentadas, plástico biodegradável, na indústria de papel (dar corpo, acabamento, goma e firmeza do papel), têxteis (engomagem estamperia, espessante de corantes, acabamento, firmeza dos tecidos, lavanderia), ligas cerâmicas, fundições, mineração, adesivos, tintas, cosméticos, medicamentos, explosivos, indústrias petrolíferas, produção de álcool entre outros incontáveis produtos.

## **5 Fermentação**

Quimicamente, por definição, o termo “fermentação” é usado para descrever a quebra dos carboidratos por enzimas microbianas num processo estritamente anaeróbico; entretanto, o entendimento geral do termo hoje, encerra ambos, aeróbico e anaeróbico, processo de quebra do carboidrato (CAPLICE e FITZGERALD, 2000).

Produtos fermentados são utilizados pelo homem desde épocas remotas, como forma de preservação de alimentos e também pelos atributos sensoriais (FELLOWS, 1994; CAPLICE e FITZGERALD, 2000).

Até hoje, alguns destes processos são conduzidos de forma bastante rudimentar.

A fermentação assegura não somente o aumento da vida útil e a segurança microbiológica dos alimentos mas, também, pode fazer muitos alimentos mais digeríveis, e no caso da fermentação da mandioca, reduz a toxicidade do substrato quanto ao cianeto (CAPLICE e FITZGERALD, 2000; COULIN, 2003).

A preservação dos alimentos pela fermentação depende do princípio da oxidação de carboidratos, gerando produtos finais, os quais são geralmente ácidos, álcool e CO<sub>2</sub>. Estes produtos finais controlam o crescimento de microrganismos deteriorantes dos alimentos e, devido a oxidação ser somente parcial, os alimentos retêm energia potencial suficiente para ser nutricionalmente benéficos para o consumidor (CAPLICE e FITZGERALD, 2000).

Através de processos industriais simples ou complexos, a atividade microbiana tem sido utilizada pelo homem na obtenção de compostos orgânicos de grande utilidade (POTTER, 1978).

Em alguns casos, a fermentação é realizada aproveitando a flora microbiana normal presente nos alimentos; em outros, são adicionadas culturas de microrganismos específicas, chamadas de culturas iniciadoras (PELZAR JR. et al., 1996; CAPLICE E FITZGERALD, 2000).

A fermentação natural ocorre quando as condições ambientais permitem interação entre o microrganismo e substratos orgânicos susceptíveis (POTTER, 1978).

Entre as fermentações citamos: fermentações acéticas, lácticas, cítricas, alcoólicas, butíricas e outras.

A fermentação de vegetais ocorre em uma série de etapas:

- Etapa Inicial: Primeiramente, muitos microrganismos aeróbios, facultativos e anaeróbios, presentes nos vegetais, começam a multiplicar-se. A produção de ácido láctico diminui o pH e inibe o crescimento indesejável de bactérias Gram (-) e esporuladas. É muito importante que o ácido láctico seja produzido rapidamente, para interromper o crescimento bacteriano indesejável.
- Etapa Primária de Fermentação: As bactérias produtoras de ácido láctico e leveduras fermentativas predominam nesta etapa. A fermentação continua até que todo o carboidrato fermentável seja utilizado ou até que o pH se torne suficientemente baixo para inibir o crescimento bacteriano.
- Fermentação Secundária: As leveduras fermentativas, que são ácido-

tolerantes, utilizam todo o carboidrato fermentável residual.

- Etapa Pós Fermentativa: O crescimento microbiano, particularmente de bolores e leveduras oxidativas, pode ocorrer na superfície do produto fermentado (PELZAR JR. et al., 1996).

A maioria dos alimentos fermentados, de diferentes fontes, são dependentes das bactérias ácido-láticas (BAL) para mediar o processo fermentativo. Os produtos finais do catabolismo dos carboidratos por estas bactérias contribuem, não somente para a preservação mas, também, para o sabor, aroma e textura, formando determinado produto característico único.

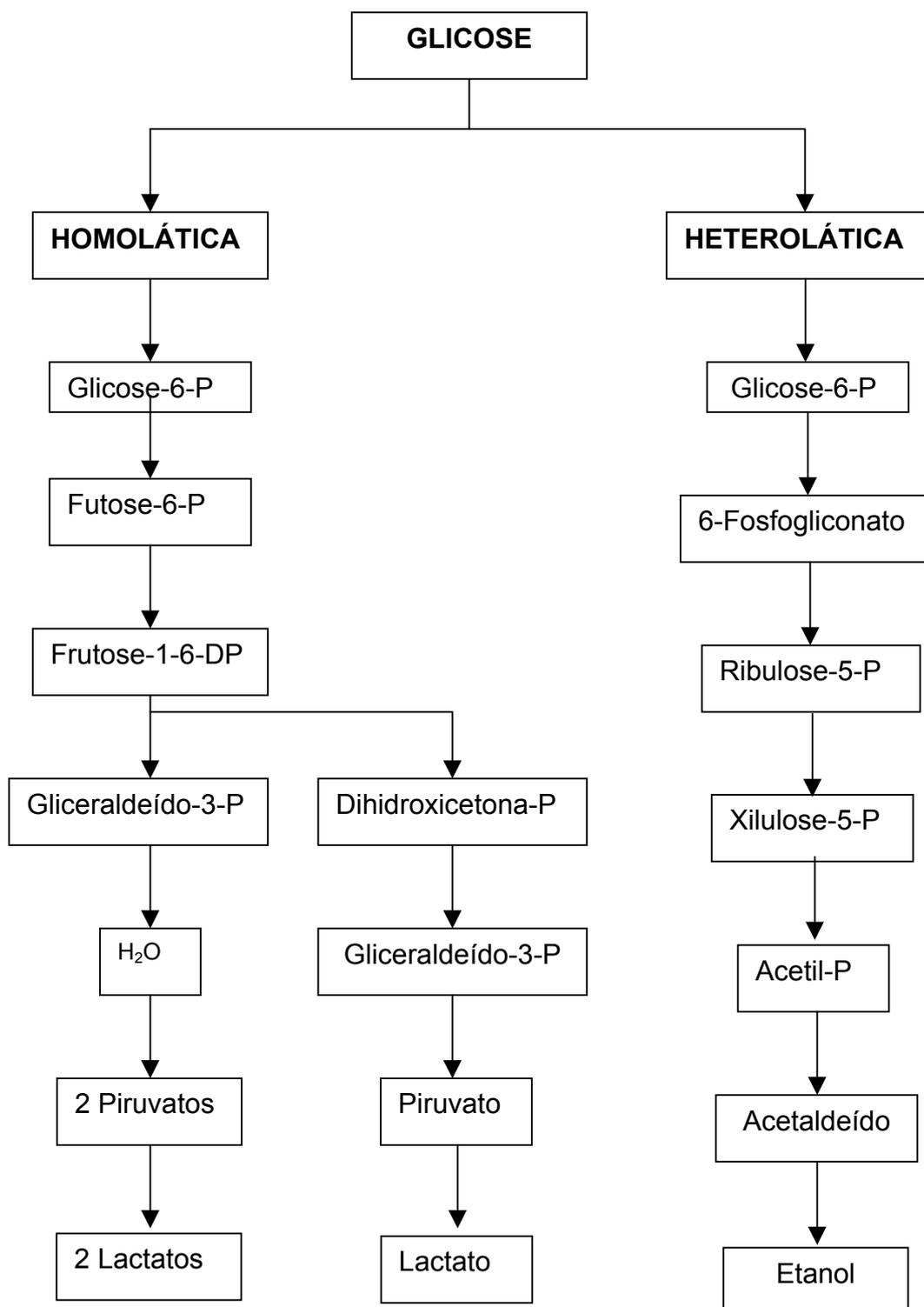
As bactérias ácido-láticas são capazes de controlar os microrganismos específicos ou a sucessão de microrganismos que determinam a microflora dos alimentos (os quais são as bases para o desenvolvimento de culturas *starter*) as quais são muito desejáveis (CAPLICE e FITZGERALD, 2000).

As BAL são geralmente mesófilas, mas podem crescer em temperaturas baixas como 5 °C ou altas como 45 °C. Algumas são ativas em pH 9,6 e outras em pH 3,2. As espécies são, em geral, fracamente proteolíticas e lipolíticas e exigem aminoácidos pré-formados, bases purina e pirimidina e vitaminas B para crescerem (STAMER, 1976; COGAN e HILL, 1993; JAY, 1996 apud CAPLICE e FITZGERALD, 2000). Todas as BAL produzem ácido lático a partir de hexoses.

A via pela qual as hexoses são metabolizadas dividem as BAL em dois grupos, homofermentativas e heterofermentativas (Figura 8 ) descritos por Axelsson (1998) apud Caplice e Fitzgerald (2000).

Microrganismos homofermentativos são aqueles que dão origem a um único produto no processo e utilizam a via Embden – Meyerhof - Parnas para produzir 2 moles de lactato por mol de glicose, derivando mais energia por mol de glicose que os heterofermentativos, que são aqueles que originam vários produtos finais e usam a via hexose-monofosfato ou via pentose (FELLOWS, 1994).

As BAL homofermentativas tais como *Pediococcus*, *Streptococcus*, *Lactococcus* e algumas espécies de *Lactobacillus* produzem ácido lático como o principal ou único produto final da fermentação da glicose. Entretanto, sob condições alteradas de crescimento e quando o substrato inicial é uma pentose elas podem mudar (Kandler, 1983; London, 1990 apud Caplice e Fitzgerald, 2000).



**Figura 8 - Esquema geral para a fermentação de glicose pela Bactérias Ácido-Láticas (BAL)**

(Axelson ,1998 apud Caplice e Fitzgerald, 2000)

As heterofermentativas tais como *Weisella* e *Leuconostoc* e algumas espécies de *Lactobacillus* produzem lactose, CO<sub>2</sub> e etanol a partir de glicose.

A inibição do crescimento de certos microrganismos, por outros membros do habitat, é causada pela interferência microbiológica. Os mecanismos envolvidos incluem competição nutritiva, geração de meio ambiente desfavorável, competição pelos sites comuns.

## 6 Enzimas Amilolíticas

Enzimas são catalisadores orgânicos, produzidos por células vivas e atuam na totalidade das reações químicas de um organismo. As reações catalisadas pelas enzimas ocorrem também nos alimentos e podem influenciar positiva ou negativamente na sua qualidade. Todas as enzimas são compostas basicamente de proteínas, embora muitas possuam um grupo prostético não protéico (flavinas, hemina, íons metálicos). Uma das características importantes das enzimas é sua especificidade sobre o substrato, além de aumentar enormemente a velocidade das reações. As reações enzimáticas se processam sob condições brandas de temperatura e de pH (em geral o pH ótimo está entre 5,5 e 7,5). Outras propriedades das enzimas são a atividade em baixa concentração, rapidez de ação e baixa toxicidade (FELLOWS, 1994; BELITZ e GROSCH, 1997).

As enzimas são obtidas de três grandes fontes: vegetais superiores (malte-amilase, papaína, bromelina, ficina), animais superiores (enzimas pancreáticas, pepsina, catalase, renina) e microrganismos (amilases, proteases, pectinases, invertase, glicose-oxidase, celulase, glicose-isomerases) (PARK, 1975).

Os principais grupos de enzimas que hidrolisam amidos são  $\alpha$ -amilase,  $\beta$ -amilase, glicoamilase e enzimas desramificantes (isoamilases e pululanases) (ROBINSON, 1991; FELLOWS, 1994).

Algumas espécies de fungos produzem enzimas amilolíticas em grande quantidade e são utilizados pela indústria. Entre os mais comuns estão as espécies *Aspergillus oryzae*, *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, alguns gêneros *Mucor*, *Amilomyces* e *Rhizopus*. Podem ser utilizadas também algumas espécies de bactérias como *Bacillus subtilis*, *Bacillus mesentericus* e *Clostridium* sp (FRANCO et al., 2001).

Entre as principais enzimas amilolíticas citam-se:

As  **$\alpha$ -amilases** ( $\alpha$ -D-(1-4)-glucan 4- glucanoidrolases) que são endoenzimas e hidrolisam a amilose e a amilopectina clivando as ligações glicosídicas nos enlaces  $\alpha$ -(1-4), ao acaso, iniciando o ataque pelas extremidades não-redutoras deixando as ligações  $\alpha$ -(1-6) intactas, originado  $\alpha$ -maltose, dextrinas-limite (com 3 a 4 resíduos de glicose) e poucas moléculas de glicose (AMANTE, 1986; ROBINSON, 1991; GORINSTEIN e LII, 1992; FELLOWS, 1994; FRANCO et al., 2001; MOORE, 2001). A  $\alpha$ -amilase é ativada por íons  $\text{Ca}^{2+}$ . Acredita-se que os íons  $\text{Ca}^{2+}$  estabilizam a conformação global da enzima, podendo encontrar até 10 átomos de  $\text{Ca}^{2+}$  por mol de enzima. Sua atividade ótima é com pH entre 6 e 8.

As  $\alpha$ -amilases se inativam em alimentos ácidos e sua atividade é analisada medindo a redução da capacidade da solução de amido em formar a cor azul característica com o iodo (ROBINSON, 1991). O maior efeito desta enzima é a redução da viscosidade final da pasta (ROBINSON, 1991; BELITZ e GROSCH, 1997).

Estas enzimas, de origem bacteriana, são obtidas de culturas de *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformes*, *Bacillus stearothermophilus* e as de origem fúngica são as do *Aspergillus oryzae* (AMANTE, 1986; MOORE, 2001).

A ação da  $\alpha$  amilases na amilose ocorre em duas etapas. Na primeira, há uma rápida e completa degradação da amilose até maltose e maltotriose, resultado do ataque casual da enzima sobre o substrato. A segunda etapa se dá muito lentamente com a hidrólise dos oligossacarídeos, formando maltose e pouca glicose (REED, 1975 apud MOORE, 2001). A lentidão desta etapa é explicada por Zanin (1989.) com a observação do aumento contínuo de  $K_m$  (constante de Michaelis-Menten) com a diminuição da cadeia e da diminuição de  $V_{m\acute{a}x}$  (velocidade máxima de formação de glicose) a partir de um substrato com 8 unidades de glicose. O sítio catalítico é composto de 8 subsítios, sendo que o ponto de clivagem se dá entre o 6º e o 7º subsítio, portanto, os substratos que não são suficientemente longos não conseguem preencher todos os subsítios da alta energia de ligação.

Existem duas variedades de endoenzimas, as termoestáveis e as termolábeis.

As enzimas termoestáveis são de origem bacteriana: do *Bacillus subtilis*, pouco usada comercialmente devido sua baixa estabilidade – temperatura ótima na presença de cálcio é de 65 a 70°C e a do *Bacillus licheniformis* é ativa e estável em temperaturas acima de 90°C, sob ampla variação de pH e relativamente independente de íons cálcio (necessita somente 2 ppm de  $\text{Ca}^{+2}$ ).

As enzimas termolábeis são derivadas de fungos *Aspergillus orizae* e são usadas na indústria para sacarificação do amido, produzindo maltose e maltotriose, são mais estáveis que as enzimas bacterianas e são ativadas sob condições ácidas (GUZMÁN-MALDONADO e LOPEZ, 1995).

As amilases fúngicas são usadas como melhorantes de pão pois aumentam a retenção de gases e o volume do pão (COUVAIN, 1987 apud ROBINSON, 1991).

As  **$\beta$ -amilases** ( $\alpha$ -D-(1-4)-glucan 4- maltoidrolases) são exoenzimas e hidrolisam a cadeia do amido no penúltimo enlace glicosídico, nas extremidades não-redutoras, formando resíduos de  $\beta$ -maltose. Como as  $\alpha$ -amilases, não rompem as ligações  $\alpha$ -(1-6). Da ação destas enzimas sobre o amido resultam maltose, dextrinas-limite (com 3 a 4 resíduos de glicose) e poucas moléculas de glicose (AMANTE, 1986; FELLOWS, 1994; FRANCO et al., 2001; MOORE, 2001).

As  $\beta$ -amilases contêm grupos sulfidrilo essenciais para sua atividade enzimática e sua atividade ótima é em pH entre 4 e 5. São obtidas a partir da cevada, trigo, centeio, batata e recentemente do *Bacillus polymyxa* e *Bacillus cereus* (ROBINSON, 1991)

As **glicoamilases** ( $\alpha$ -D-(1-4)-glucan 4- glucoidrolases), também conhecidas como amiloglicoamilases, são exoamilases que clivam as ligações glicosídicas  $\alpha$ -(1-4),  $\alpha$ -(1-6) e  $\alpha$ -(1-3) transformando a amilose, amilopectina e maltooligossacarídeos completamente em D-glicose, a partir das extremidades não-redutoras das moléculas de amido. São encontradas em fungos do grupo *Aspergillus* e *Rizopus*, bactérias da espécie *Clostridium acetobullicum* e leveduras *Saccharomyces diastaticus* (AMANTE, 1986; MOORE, 2001).

Gunaratne e Hoover (2002) mostraram diferenças de susceptibilidade enzimática entre amidos usando  $\alpha$ -amilase pancreática de suíno. As diferenças têm sido atribuídas ao tamanho do grânulo, área superficial, tipo de unidade celular (A, B ou A+B), proporção entre amilose e amilopectina, complexo amilose-

amilopectina, cristalinidade e comprimento da distribuição dos pontos de ramificações  $\alpha$  (1-6) entre as áreas amorfas e cristalinas da amilopectina (JANE et al., 1997; PLANCHOT et al., 1997 apud GUNARATNE e HOOVER, 2002).

Gunaratne e Hoover (2002) concluíram que a diferença de tamanho dos grânulos e presença dos pontos de ramificação  $\alpha$  (1-6) nas regiões cristalinas dos amidos tipo A são os fatores que influem na hidrólise dos amidos nativos, pois o conteúdo de amilose, complexo amilose-lipídio e cristalinidade foram insignificantes entre os amidos estudados.

As **enzimas desramificantes** são muito válidas para melhorar o rendimento da sacarificação do amido pois a maioria dos amidos contém ao menos 7% de amilopectina. Também são úteis no estudo da amilopectina. São elas:

- as **isoamilases** catalisam a hidrólises dos enlaces glicosídicos  $\alpha$ -(1-6) da amilopectina. São obtidas a partir de diferentes microrganismos como *Pseudomonas amyloclavata* e *Flavobacterium* spp. Para sua ação são necessários substratos com unidades maltoses e maltotrioses unidas por enlaces  $\alpha$ -(1-6).
- as **pululanases** catalisam a hidrólises de enlaces glicosídicos  $\alpha$ -(1-6) de amilopectina e dextrinas limites que possuam ao menos uma unidade de maltose na cadeia mais curta (cadeia A). Elas hidrolisam especificamente os pululanos polissacarídeos lineares, compostos por unidades maltotriose unidas por enlaces  $\alpha$ -(1-6) (ROBINSON, 1991).

## 7 Polvilho azedo

Amido ou fécula de mandioca fermentada é um produto típico de alguns países da América do Sul, produzido principalmente no Brasil, onde é conhecido como polvilho azedo e Colômbia, onde é conhecido como "almidon agrio". É usado para a produção de pães macios sem glúten e biscoitos (MESTRES e ROUAU, 1997 apud DEMIATE, 2000; GUYOT e MORLON-GUYOT, 2001; BALGOPALAN, 2002).

A fécula fermentada, popularmente conhecida por polvilho azedo, é obtida pela fermentação natural da fécula doce de mandioca e secagem ao sol

(CEREDA, 1983 a, 1983b, 1983c, 1987; CEREDA et al., 1995; ASCHERI e VILELA, 1995; MAEDA e CEREDA, 2001).

O polvilho azedo é um produto típico brasileiro, muito utilizado na culinária, indústria de alimentos e como matéria-prima insubstituível na confecção de biscoitos de polvilho e pão de queijo (CEREDA, 1983 a, 1983 b, 1985; CEREDA et al., 1995; ASCHERI E VILELA, 1995; PLATA-OVIEDO e CAMARGO, 1995; NAKAMURA et al. 1976; BALGOPALAN, 2002).

A produção de polvilho está localizada em microrregiões produtoras dos Estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul (CEREDA, 1987; RAUPP et al., 1999; MAEDA e CEREDA, 2001).

A Legislação, através das Normas Técnicas Especiais Relativas a Alimentos e Bebidas (BRASIL, 1978), classifica o polvilho em doce e azedo, tendo por base apenas a acidez titulável que, para alimentos fermentados, deve ser no máximo 5,0 mL de NaOH N/100g. Os limites de umidade, amido e cinzas são os mesmos para ambos os produtos.

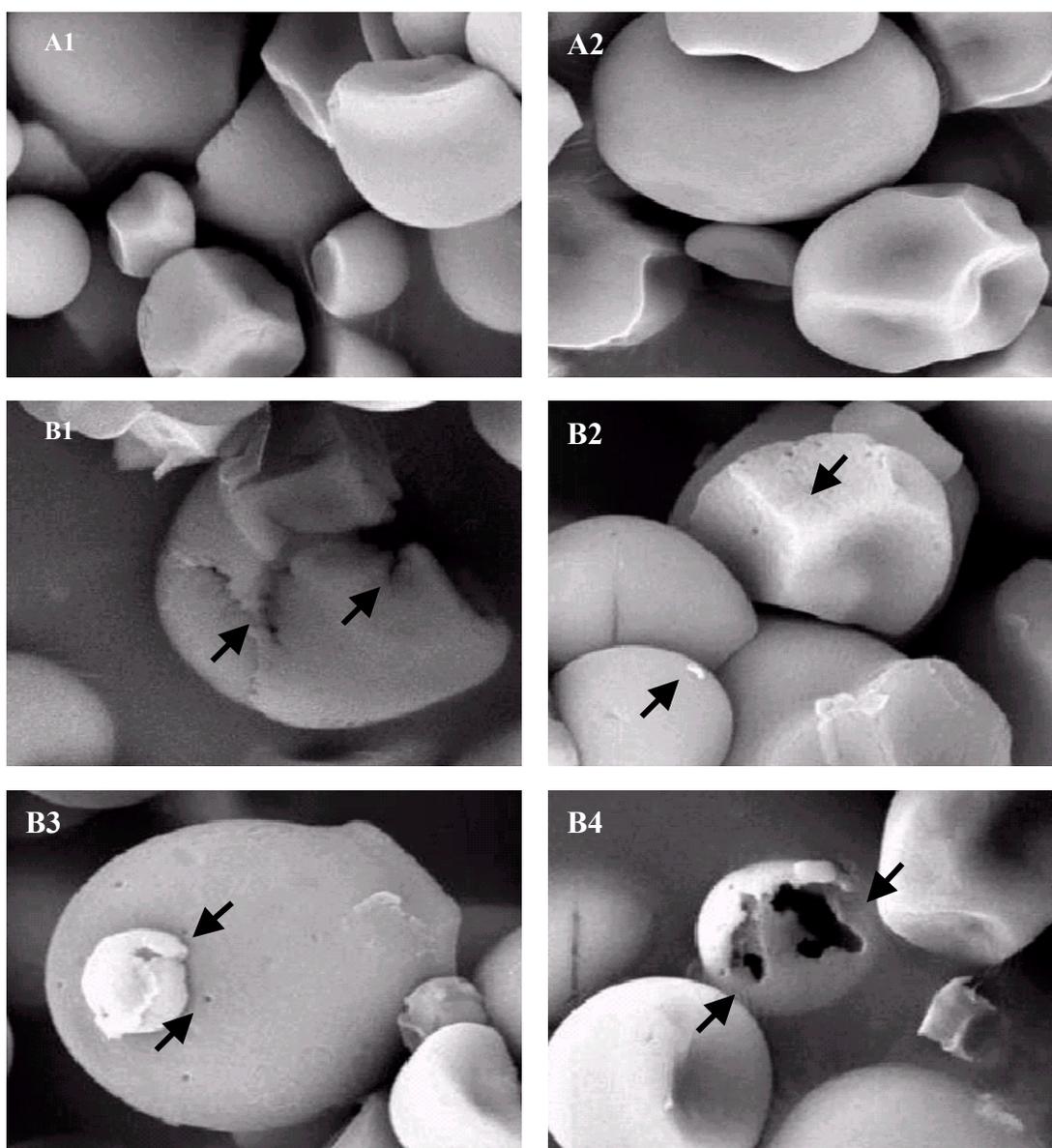
Segundo Cereda (1983, 1983a, 1983b, 1987); Cereda e Catâneo, 1986 não existem padrões de qualidade, apenas limites físico-químicos fixados pela legislação.

Cárdenas e Buckle (1980) afirmaram que o polvilho azedo é um produto fermentado modificado pelo ataque de ácidos e enzimas. O ataque ácido é evidenciado pela grande produção de ácidos orgânicos e, o ataque enzimático, por pequenas corrosões em alguns grânulos do amido fermentado, observado através de microscopia eletrônica de varredura (Figura 9).

O polvilho azedo apresenta características bem diversas do polvilho doce, tendo em comum somente a matéria-prima e, em alguns casos servindo como matéria-prima para inúmeros produtos (CEREDA, 1983, 1987; CEREDA e CATÂNEO, 1986; MAEDA e CEREDA, 2001).

Cereda (1983 b) na tentativa de substituir o polvilho azedo por fécula, formulou biscoitos com diferentes concentrações de polvilho doce acidificado e, concluiu que a fécula não substitui o polvilho azedo.

Mendes da Silva et al. (1998) observaram que a substituição parcial do polvilho azedo por amido gelatinizado, por amilose e amilopectina diminuiu significativamente o volume do biscoito formulado.



**Figura 9 – Micrografia de microscopia eletrônica de varredura de grânulos de amido nativo (fécula) e fermentado (polvilho azedo) de mandioca – A1 e A2: fécula nativa industrial (2000 X); B1, B2, B3 e B4: polvilho azedo (2000 X) (Acervo do autor).**

Nakamura et al. (1976) também chegaram à mesma conclusão quando compararam biscoitos confeccionados com polvilho azedo e fécula com algumas alterações: adição de fermento químico, de  $\alpha$ -amilase, de fermento biológico ou de vinagre.

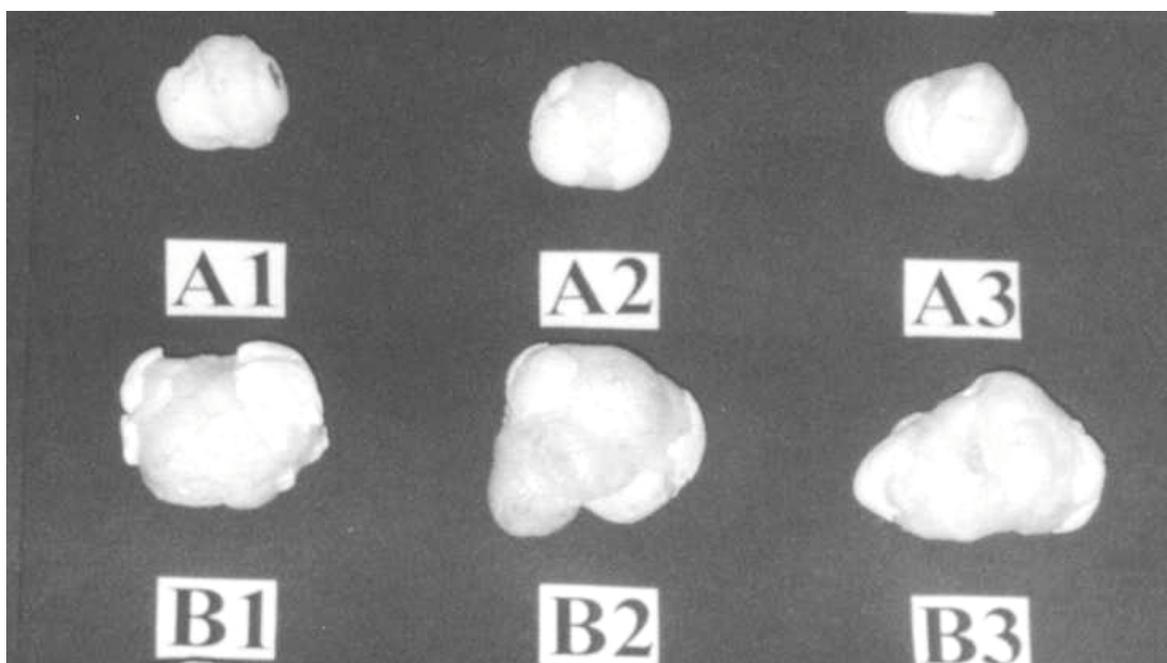
Cárdenas e Buckle (1980) observaram que independente do grau de acidez, as féculas fermentadas, secas ao sol, sempre apresentam produto com excelente volume específico, alveolação e crostas características, porém, as féculas tratadas por ácido apresentam volume específico similar ao do polvilho doce (amido de mandioca não fermentado).

Cereda (1987) concluiu após alguns produtores tentarem secar artificialmente o polvilho azedo e não atingirem o mesmo poder de expansão, que mais do que o calor, a radiação solar é a responsável por esta propriedade.

Plata-Oviedo e Camargo (1995) obtiveram o mesmo resultado comparando biscoitos elaborados com polvilho azedo comercial e féculas tratadas com ácidos orgânicos, secas ao sol e em estufa.

A Figura 10 ilustra a diferença na expansão de amostras, utilizando polvilho doce (fécula) e azedo.

Pereira et al. (1999); Maeda e Cereda (2001) afirmam que o polvilho azedo apresenta propriedades físicas, químicas e funcionais características, diferentes do polvilho doce do qual se originou.

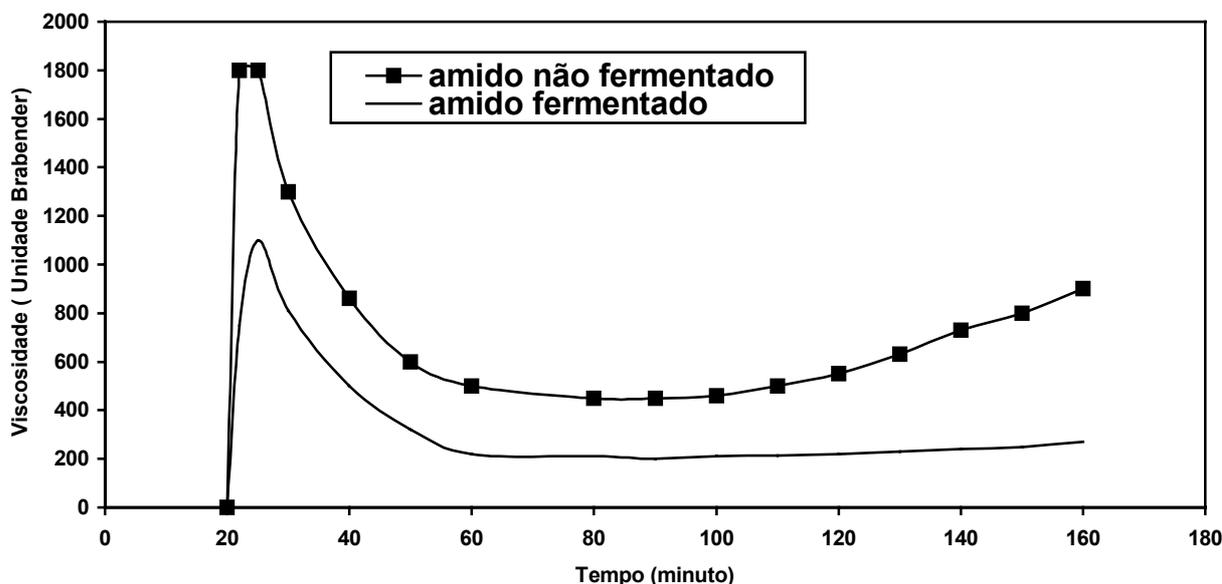


**Figura 10 – Aspectos externos de biscoitos confeccionados com fécula de mandioca nativa industrial (A) e com polvilho azedo (B) de três regiões do Estado de Santa Catarina: 1- Santa Rosa, 2 - Tubarão e 3 - Rio do Sul (Acervo do autor)**

O processo fermentativo altera o grânulo de amido, conferindo ao polvilho azedo características peculiares. Além do sabor e aroma, as modificações ocorridas alteram sua reologia (NAKAMURA et al., 1976; CÁRDENAS e BUCKLE, 1980; CEREDA, 1983, 1985a; CARVALHO et al. 1995; ASCHERI e VILELA, 1995; PLATA-OVIEDO e CAMARGO,1995).

O polvilho azedo apresenta viscosidade e temperatura inicial de pasta menor que a do polvilho doce e sem tendência à gelificação durante o resfriamento. As diferenças de viscosidade entre os amidos fermentados e não fermentados estão ilustrados na Figura 11, onde observa-se que o amido não fermentado apresenta maior pico de viscosidade, comparativamente ao amido fermentado.

Cárdenas e Buckle (1980); Plata-Oviedo e Camargo (1995); Ascheri e Vilela (1995); Guyot e Morlon-Guyot (2001) afirmam que estas modificações produzidas no polvilho azedo, durante o processo fermentativo, são as que conferem ao produto assado aparência inchada, estrutura típica alveolar do miolo e crosta crocante.



**Figura 11 Amilograma comparativo do amido de mandioca não fermentado (fécula) e fermentado (polvilho azedo).** (Nakamura et al., 1976).

Alguns autores concluíram que a expansão do polvilho azedo pode depender de outros fatores. Brabet et al. (1994) apud Maeda (2001) isolaram bactérias láticas produtoras de exopolissacarídios, as quais poderiam ser as responsáveis pela formação da estrutura viscoelástica, que permitiria a retenção de gás e expansão da massa de polvilho azedo durante o assamento.

Quando se compara a composição química da fécula, com a do polvilho azedo, percebe-se que a fermentação enriquece o teor protéico do polvilho azedo em cerca de dez vezes (Tabela 7). Cereda (1987); Ascheri e Vilela (1995) afirmam que isto é devido aos resíduos metabólicos produzidos por microrganismos durante a fermentação.

Observa-se também, um aumento do teor de fibras e do teor de cinzas. A elevação do teor de cinzas é devido ao processo de secagem do polvilho azedo o qual é seco ao sol, sofrendo a ação dos ventos e poeira.

**Tabela 7 Análises químicas da fécula de mandioca e de duas amostras de polvilho azedo comercial das marcas Caribé (Polvilho A) e Cruzeiro do Sul (Polvilho B)**

<b>Determinações</b>	<b>Fécula</b>	<b>Polvilho A</b>	<b>Polvilho B</b>
% Proteínas	0,03	0,45	0,42
% Cinzas	0,15	0,25	0,21
% Fibras	0,10	0,31	0,38
% Amido	99,60	98,70	98,90
pH	4,96	3,55	3,65
Acidez titulável	0,39	5,79	5,31

Fonte:Plata-Oviedo e Camargo (1995)

## 7.1 Tecnologia de fabricação de polvilho azedo

A maioria dos produtores inicia o processamento das raízes de mandioca colhidas em um período que não deve ultrapassar 24 horas para evitar um polvilho de má qualidade (CEREDA, 1987).

Segundo Cereda (1987) e Carvalho et al. (1996) na entressafra, alguns produtores, utilizam a fécula extraída durante a safra da mandioca e armazenada, como matéria-prima na fabricação do polvilho azedo.

Em linhas gerais, o fluxograma de obtenção do polvilho azedo (Figura 12) consiste em: recebimento das raízes, lavagem e descascamento, picagem e /ou ralação, extração onde o leite da fécula é separado do bagaço por peneiras planas vibratórias ou cônicas rotativas, sob água corrente.

O bagaço acumulado é eliminado e a fécula é arrastada pela água onde será separada por decantação em tanques de alvenaria ou chicanas (labirintos) revestidos de cerâmica ou com divisórias de madeira.

A fécula obtida é transferida para tanques de fermentação que podem ser desde cochos de madeira a tanques de alvenaria, revestidos ou não com cerâmica, cobertos ou descobertos.

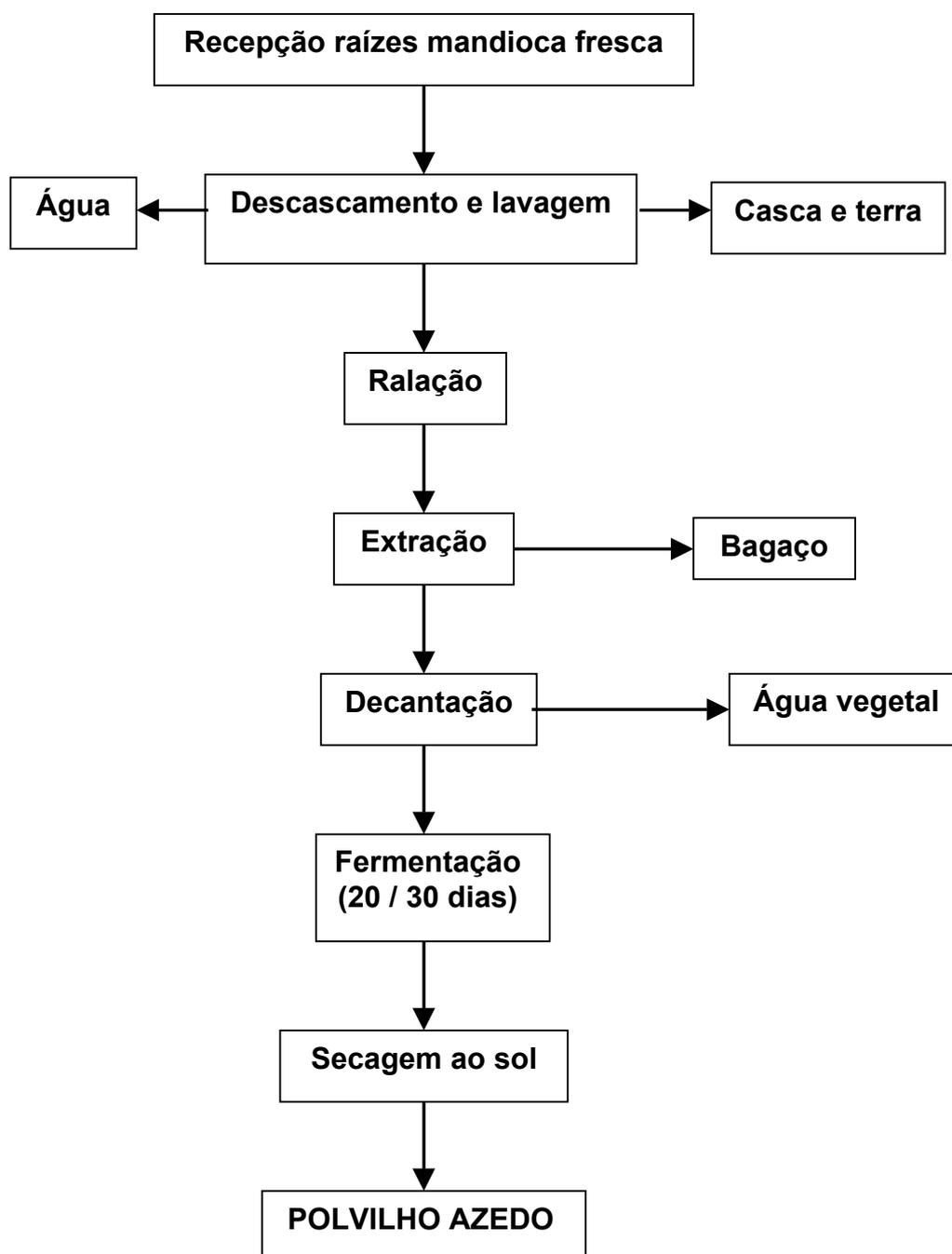
A fécula deve permanecer nos tanques de fermentação sob uma camada de água em torno de 20 cm, por um intervalo de tempo que varia, de acordo com as condições climáticas, de 20 dias podendo chegar a até 60 dias.

O processo é considerado terminado, empiricamente, com o aparecimento de espuma na superfície e bolhas persistentes que se formam no interior da massa e despreendimento de forte odor característico.

A secagem é feita ao sol e vento, colocando a massa sobre jiraus de bambu. O período de secagem varia de acordo com as condições climáticas (NAKAMURA et al., 1976; CEREDA, 1987; CEREDA et al., 1995; ASCHERI e VILELA, 1995; SILVEIRA et al., 2000; DEMIATE et al., 2000).

De acordo com Demiate et al. (2000); Cereda e Nunes apud Maeda e Cereda (2001) e Ampe et al. (2001); Mestres et al., apud Guyot e Morlon (2001), a fermentação e a secagem ao sol são necessárias para que o polvilho azedo tenha a habilidade de expansão ao forno, havendo necessidade de pesquisas para

explicar este efeito da secagem ao sol, comparativamente à secagem em secador.



**Figura 12 – Fluxograma sintético do processo de fabricação do polvilho azedo.**

(Ascheri e Vilela, 1995).

Segundo Cereda e Nunes apud Maeda e Cereda (2001) em análises realizadas com polvilho doce seco à sombra, polvilho azedo seco em estufa e, seco ao sol, a habilidade de expansão do polvilho azedo seco ao sol, foi duas vezes maior.

Demiate et al.(2000) reafirmam que a secagem ao sol do polvilho azedo é essencial para elevada expansão ao forno. Também reportam que recentemente a degradação oxidativa tem sido considerada como a provável responsável por esta propriedade.

As modificações ocorridas durante o processo fermentativo do polvilho azedo são a diminuição do pH, formação de ácidos orgânicos, aumento da acidez titulável, ataque de enzimas amilolíticas, aumento do poder de inchamento, da solubilidade e diminuição da viscosidade do polvilho (ASCHIERI e VILELA, 1995).

Ascheri e Vilela (1995) e Cereda (1987) afirmam que o processo de fermentação natural do polvilho azedo resente-se da falta de uniformidade até mesmo para partidas de mesma origem o que é atribuído à interrupção, em diferentes fases de desenvolvimento e produção de ácidos, sem parâmetros de controle.

## **7.2 Processo fermentativo do polvilho azedo**

Vários produtos da mandioca são obtidos por meio de fermentação natural, entre eles destacam-se o “gari”, “foo-foo”, “carimã”, “farinha d’água”, “mandioca puba”, “kiwunde” (produto da Tailândia), o polvilho azedo com várias finalidades: eliminar o princípio tóxico, tornar a polpa mais macia, melhorar o sabor e dar novas características do produto. (CEREDA e LIMA, 1981; KIMARYO et al. 2000; GIRAUD et al.,2002).

A existência desses produtos se deve a facilidade de utilização dos componentes da raiz de mandioca, como substratos, pelas enzimas endógenas e exógenas, estas últimas originárias de bactérias, bolores e leveduras que se instalam durante os processos naturais de fermentação (MENEZES et al., 1998 apud GIRAUD et al.,2002).

Ao referir-se ao processo fermentativo do polvilho azedo, Carvalho et al. (1996) e Cereda (1987) afirmam ser difícil explicar uma fermentação tão exuberante a partir de um meio de cultivo tão pobre, pois o substrato 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.

Alguns produtores, com o propósito de acelerar o processo fermentativo, utilizam um inóculo de polvilho da safra anterior e / ou deixando os tanques de fermentação sujos de uma safra para outra (CEREDA, 1987; SILVEIRA et al., 2000).

Cereda (1973) apud Cereda (1987); Cereda et al. 1995; Silveira et al. 2000; comprovaram que o polvilho doce seco contém microrganismos suficientes para serem usados como inóculo. Com identificação desta microflora, estes autores subdividiram-na em três grupos, pela ordem de ocorrência, embora estas fases não sejam obrigatoriamente distintas.

A fermentação do polvilho azedo sempre apresenta sinais visíveis com formação de bolhas de gás e espuma na superfície, independentemente da microbiota ser originária do inóculo, meio-ambiente ou matéria-prima (CEREDA, 1987, SILVEIRA et al. 2000).

A 1ª fase da fermentação é marcada por uma microbiota pouco exigente, entre eles os gêneros *Escherichia*, *Alcaligenes*, *Micrococcus* e *Pseudomonas* e rápida queda de concentração de oxigênio dissolvido. Também foi detectado o *Bacillus* capaz de produzir enzima amilolítica, iniciando o ataque ao amido granular e fornecendo carbono às bactérias da 2ª fase.

Quanto à fonte de nitrogênio, constataram a presença de bactérias não simbióticas, fixadoras de nitrogênio, desde o 1º dia, alcançando valores máximos entre o 3º e o 4º dia, decaindo devido às condições adversas. Assim, o nitrogênio necessário para a formação da biomassa nos primeiros estágios da fermentação seria originário da atmosfera, já que é muito baixo o teor protéico disponível na fécula.

Alguns pesquisadores verificaram a ocorrência de uma queda da tensão de O<sub>2</sub> na água sobrenadante da fermentação proporcionando condições para que

nos primeiros dias o ambiente fique microaeróbio (CEREDA e GIAJ-LAVRA, 1987; CEREDA et al., 1987, 1985; SILVEIRA et al., 2000).

O aspecto alterado da superfície dos grânulos de amido de mandioca após a fermentação, com perfurações e rachaduras, comprova o efeito do ataque dessas amilases (CEREDA et al., 1995).

Na 2ª fase, o consumo de oxigênio propicia o desenvolvimento de microrganismos microaerófilos, facultativos ou anaeróbios estritos, mais exigentes, produtores de ácido e gás e responsáveis pelas fermentações lácticas, acéticas, butíricas e propiônicas entre outras. A predominância de determinado ácido orgânico depende de vários fatores, entre eles a temperatura. Nas regiões frias a fermentação é mais lenta e predomina a flora láctica, nas regiões quentes, a fermentação é mais rápida e predomina a flora butírica.

Na 3ª fase, aparecem os de microflora saprófitas e contaminantes, entre os quais diversas espécies de leveduras, que seriam responsáveis pela formação dos compostos aromáticos (CEREDA e GIAJ-LAVRA, 1987; CEREDA et al. 1987, 1995; SILVEIRA et al. 2000).

Em pesquisa realizada por Carvalho et al. (1995) sobre a microbiota do polvilho azedo, houve a predominância dos microrganismos dos gêneros *Lactobacillus* (32,0%), *Leuconostoc* (21,0%), *Lactococcus* (12,6%), *Enterococcus* (8,3%), *Pediococcus* (5,9%), *Streptococcus* (0,8%) e Leveduras (2,2%).

Carvalho et al. (1996) afirmam que 80,6% dos microrganismos são Bactérias Ácido-láticas (BAL), que a fermentação é feita por flora mista que produz aumento da acidez titulável. Confirmam também a presença de leveduras e que elas seriam de vital importância, prováveis responsáveis pelo fornecimento de açúcares fermentáveis para a atuação das outras bactérias do processo. Cárdenas e Buckle (1980) também verificaram a importância das leveduras nesse tipo de fermentação.

Ampe et al. (2001) investigaram a comunidade microbiológica desenvolvida durante a fermentação natural do polvilho azedo usando eletroforese e rRNA, mostrando que os organismos dominantes foram BAL, principalmente *Bifidobacterium minimum*, *Lactococcus lactis*, *Streptococcus sp*, *Enterococcus saccharolyticus*, *Lactobacillus plantarum*. Também *Lactobacillus panis*,

*Leuconostoc mesenteroides* e *Leuconostoc citreum* e a mais recente descoberta o *Lactobacillus manihotivorans*, representando acima de 13% do total das BAL.

Segundo Omar et al. (2000) apud Guyot e Morlon-Guyot (2001) durante o processo de fermentação do amido de mandioca para a produção de polvilho azedo, a produção de ácido láctico deve-se à ação das bactérias ácido-láticas amilolíticas (ALAB). A *Lactobacillus manihotivorans* é uma ALAB isolada do processo, a qual é homolática e produz mais de 98% de L(+) ácido láctico e, junto com a espécie não amilolítica de *Lactobacillus plantarum*, dominam a microflora natural.

Eles afirmam que a qualidade do produto varia muito devido às condições do processo não serem controladas e ,que o uso de *Lactobacillus manihotivorans* como *starter* poderia ajudar na melhoria do processo obtendo maior qualidade no produto final.

Guyot et al.(2001), relata os estudos microbiológicos sobre a fermentação do polvilho azedo realizados por Morlon-Guyot et al. (1998), que isolaram uma nova espécie de BAL amilolítica, a *Lactobacillus manihotivorans*, porém Guyot et al.(2002), caracterizaram e identificaram a *Lactobacillus manihotivorans* e, de acordo com suas características moleculares e fenotípicas, apresentou alta diversidade de espécies principalmente nos seus perfis fermentativos.

Vários estudos mostram uma considerável diversidade de espécies isoladas de alimentos amiláceos fermentados, tais como *Lactobacillus manihotivorans* (MORLON-GUYOT et al., 1998), *Lactobacillus fermentarum* (HAYFORD et al., 1999), *Lactobacillus plantarum* (JOHANSON et al., 1995), porém com poucas informações sobre as propriedades tecnológicas e funcionais destas espécies (GUYOT et al., 2002).

Sanni et al. (2002) observaram que as espécies amilolíticas de *Lactobacillus plantarum* isoladas de diversos alimentos fermentados, de várias regiões, tinham variabilidades de características, implicando em grande diversidade de espécies. Concluem que as variações observadas de algumas características dentro de algumas espécies de ALAB enfatizam a necessidade de se ter um sistema de isolamento de ALAB para diferentes alimentos fermentados e áreas geográficas.

Vários pesquisadores estão de acordo quanto à dominância e efeitos benéficos de BAL nos processos de fermentação de mandioca (OKAFOR, 1997; NONANKWO et al., 1989; NGABA e LEE, 1979) e também de outros cereais (AKINRELE, 1970; HOUNHONIGAN et al., 1993 a; STEINKRAUS, 1995 apud GUYOT et al., 2002).

Considerando que a mandioca e os grãos de cereais consistem principalmente de amido, as ALAB, capazes de degradar o amido imediatamente em açúcares fermentáveis, seriam benéficas. Massa de mandioca ou cereal inoculada com uma ou várias espécies de LAB selecionadas poderiam melhorar o controle da fermentação e conduzir a produtos de melhor qualidade (JOHANSSON et al., 1995; AGATI et al., 1988 apud GUYOT et al., 2002).

Westby (2002) afirma que no final do processo fermentativo ocorre o domínio de BAL e fungos. Fungos micotoxigênicos têm sido isolados de mandioca por diversos pesquisadores, como Essers e Nout (1989) isolaram *Rhizopus ssp*, *Mucor ssp*, *Penicillium ssp*, *Fusarium ssp*. Na Tanzânia foram isolados da “ugada” *Rhizopus ssp*, *Neuspora sitophilia* e *Penicillium ssp*. Ndunguru et al. (1999) isolaram diversos tipos de fungos: 10 a 15% fungos de cor laranja, 20 a 25% de cor verde e 35 a 40% de cor preta.

Contaminação por micotoxinas tem sido documentada (MOTA e LOURENÇO, 1974; BRUDZYNSKI et al., 1977; CONSTANT et al., 1984; SAJISE e ILAG, 1987) sem testes confirmativos. Outras micotoxinas têm sido reportadas, por exemplo, zearalerona (BOTTALICO et al., 1980), ocratoxina A em farinha de mandioca no Brasil (SOARES e RODRIGUEZ – AMAYA, 1989), sterigmatocistina, patulina, ácido ciclopiazônico, ácido penicílico e ácido temiazônico. Outros autores concluíram que contaminação por micotoxinas em mandioca fermentada é um potencial problema e melhorias no processo são necessárias.

Sempre que um produto é utilizado como matéria-prima, ele deve passar por ensaios padronizados para a verificação de sua qualidade, embora a Legislação Brasileira não tenha estabelecido padrões específicos para o polvilho azedo. Com este fim, utilizam-se normas de outros produtos.

Cereda (1983a, 1983b); Cereda e Catâneo (1986); Cereda et al. (1995) comprovaram serem inadequados às avaliações para a qualidade do polvilho

azedo, os limites de acidez titulável, cinzas e umidade conforme fixa a Legislação Brasileira.

A autora observou que existem variações em quase todas as análises químicas realizadas. Estas variações foram atribuídas à falta de cuidado na elaboração do polvilho azedo, o qual fica sujeito a contaminações grosseiras de poeira e vento, aumentando o teor de cinzas.

A variação da acidez titulável é atribuída ao fato das fermentações não serem submetidas a análises de controle, sendo interrompidas em diferentes estágios de desenvolvimento e de produção dos ácidos e, por este motivo, o polvilho azedo apresenta falta de uniformidade até para partidas de mesma matéria-prima e mesma origem (CEREDA e LIMA, 1981; CEREDA 1983; CEREDA e BONASSI, 1985; CEREDA e GIAJ-LEVRA, 1987; CEREDA, 1993; ASCHERI e VILELA, 1995)

Também os valores de acidez titulável são muito variáveis. Isto se deve ao fato não somente do teor de ácidos formados mas devido também à natureza destes ácidos, pois estes variam seu caráter ácido dependendo da cadeia e do número de carboxilas (CEREDA, 1983; CEREDA e BONASSI, 1985).

Além de ácido láctico, também outros ácidos tais como acético, propiônico e butírico estão presentes (CEREDA e LIMA 1981; CEREDA, 1983; CEREDA e BONASSIS, 1985; DEMIATE, 2000) (Tabela 8).

**Tabela 8 Valores médios de ácidos orgânicos de duas amostras de polvilho azedo (expressos em matéria seca) provenientes dos Estados do Paraná (Polvilho A) e de São Paulo (Polvilho B).**

Ácidos Orgânicos	Polvilho A		Polvilho B	
	mg/100g	%	mg/100g	%
Acético	41,61	11,43	21,59	11,14
Propiônico	13,78	3,79	5,04	2,60
Butírico	223,72	61,48	90,81	46,85
Valérico	11,88	3,26	6,86	3,54
Lático	72,91	20,04	69,54	35,87
Total	363,90	100,00	193,84	100,00

Fonte: Cereda (1993).

Demiate et al. (1999) verificaram heterogenicidade nas análises de ácidos orgânicos em amostras de um mesmo estado e entre os estados, quanto ao teor dos ácidos e os tipos de ácidos, sugerindo a necessidade de melhoramento no processo produtivo com propósito de estandarização da qualidade do produto.

Muitos pesquisadores, em busca de padrões de qualidade e da padronização do polvilho azedo, formularam várias hipóteses e fizeram inúmeras investigações desde testes de absorção de água, utilização de féculas com diferentes modificações, índice de expansão ao forno, quantidade e tipos de ácidos orgânicos e procuraram correlacionar tais parâmetros com as propriedades reológicas do polvilho azedo.

Também estudaram a sua microflora na tentativa de obter um padrão microbiológico, mas acabaram sempre esbarrando no mesmo problema: a falta de uniformidade do produto. O acompanhamento da evolução dos parâmetros que controlam o processo fermentativo é uma forma de avaliar o mesmo, afirma Cereda et al. (1995).

## 8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANTE, E.R. **Contribuição para melhorias no processo de produção do amido de mandioca fermentado (polvilho azedo)**. Relatório final. Projeto SEBRAE/PATME. 20 pág. 1999.

AMANTE, E.R. **Caracterização de amidos de variedades de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) e de Batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Viçosa. Minas Gerais. 1986.

AMPE, F.; SIRVENT, A.; ZAKHIA, N. Dynamics of the microbial community responsible for traditional sour cassava starch fermentation studied by denaturing gradient gel electrophoresis and quantitative rRNA hybridization. **International Journal of Food Microbiology**. V.65, p.45-54. 2001.

AOAC – OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC International. 16 th ed., Gaithersburg: Ed. AOAC International, 1999.

ASAOKA, M; BLANSHARD, J.M.V; RICKARD, J.E. Effects of cultivar and growth season on the gelatinisation properties of cassava (*Manihot esculenta*) starch. **Journal Science Food Agriculture**. V.59, p.53-58, 1992.

ASCHERI, D.P.R.; VILELA, E.R. Alterações do polvilho da mandioca pela fermentação, no fabrico de biscoitos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. V.30, n.2, p.269-279. 1995.

ATWELL, W.A; HOOD, L.F; LINEBACK, D.R; VANIAN-MARSTON, E; ZOBEL, H.F. The terminology and methodology associated with basic starch phenomena. **Cereal Foods Word**. V.33, p.306-311, 1988.

BADRIE, N.; MELLOWES, W.A. Extrusion processing of cassava: formulation of snacks. Chapter 35. p. 304-312. **Cassava Flour and Starch: Progress in Research and Development**. 2002.

BALAGOPALAN, C. Cassava utilization in food, feed and industry. Chapter 15, p. 301-318. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. CAB International. 2002.

BELITZ, H.D., GROSCH, W. **Química dos Alimentos**. 2ª ed. Ed. Acribia, Zaragoza. Espanha. 1997.

BORGES, M.F.; FUHUDA, W.M.G.; CALDAS, R.C. Avaliação de três métodos para determinação de cianeto em mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**. V.12, n.1 /2, p.75-83. 1993.

BRASIL, **Norma de Identidade, qualidade, apresentação, embalagem, armazenamento e transporte da farinha de mandioca**. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria n. 554, Brasília, 30 de agosto de 1995.

BRASIL. **Leis, decretos, etc. Decreto nº 12.486. 20 de outubro de 1978. Normas Técnicas Especiais relativas a Alimentos e Bebidas**. D.O. do Estado de São Paulo. 21 de outubro. 1978. p. 3-25.

BRIMER, L.; ABRAHAMSSON, M.; MLINGI, N.; ROSLING, H. A modified microdiffusion assay with solid-state detection of cyanogens (CNp) in cassava flour. Comparison to the method of O'Brien et al. (1991). **Food Chemistry**. V.62, n.2, p.239-242. 1998.

BULÉON, A.A; COLONNA, P; PLANCHOT, V; BALL, S.G. Starch granules: structure and biosynthesis. **International Journal of Biological Macromolecules**. V.23, p.85-112, 1998.

CAMARGO, C.; COLONNA, P.; BULÉON, L.A; RICHARD-MOLARD, D. Funcional properties of sour cassava (*Manihot utilíssima*) starch: polvilho azedo. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. V.45, n.3, p.273-289. 1988.

CAPLICE, E.; FITZGERALD, G.F. Food Fermentation: role of microorganisms in food production and preservation. **International Journal of Food Microbiology**. V.50, Issues 1-2, p.131-149. 1999.

CÁRDENAS, O.S.; BUCKLE, T.S. Sour cassava starch production: a preliminary study. **Journal of Food Science**. V.45, p.1509-1512. 1980.

CARVALHO, E. P.; CANHOS, V.P.; VILELA, E.R. Determinação da microbiota do polvilho azedo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.15, n.3, p.239-245. 1995.

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

CEREDA, M.P.; LIMA, U.A. Aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. II- Controle das fermentações realizadas em laboratório. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.15, p.107-122. 1981.

CEREDA, M.P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). II - Ensaios de absorção de água. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.17, n.3, p.297-304. 1983 .

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

CEREDA, M.P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). I- Formulação e preparo de biscoitos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.17, n.3, p.287-295. 1983 b.

CEREDA, M.P.;BONASSI, I.A. Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). III- Ácidos orgânicos e absorção de água. **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas. V.III,n.2, p.21-30. 1985.

CEREDA, M.P. Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). II- Características físico-químicas e absorção de água. **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas. V.III,n.2, p.15-20. 1985 a.

CEREDA, M.P.; CATANEO, A. Avaliação de parâmetros de qualidade da fécula fermentada de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas. V.5, n.1, p.55-62. 1986.

CEREDA, M.P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. V.13, n.145, p.63-68, 1987.

CEREDA, M.P.; GIAJ-LEVRA, L.A. Constatação de bactérias não simbióticas fixadoras de nitrogênio em fermentação natural de fécula de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas. V.6, n.1, p.29-33. 1987.

CEREDA, M. P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). Formulação e preparo de biscoitos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, SP. V. 17, n. 3, p. 287 – 295, jul./set. 1993.

CEREDA, M.P.; NUNES, O.L.G.; VILPOUX, O. Tecnologia da produção de polvilho azedo. Botucatu. Centro de Raízes Tropicais (CERAT). Universidade Estadual Paulista. 1995.

CHATAKANONDA, P.; CHINACHOTI, P.; SRIROTH, K.; PIYACHOMKWAN, K.; CHOTINEERANAT, S.; TANG, H.; HILLS, B. The influence of time and conditions of harvest on the functional behaviour of cassava starch – a proton NMR relaxation study. **Carbohydrate Polymers**. V.53, p.233-240. 2003.

CHEFTEL, J.C.; CHEFTEL, H. **Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos**. V.I. Editorial Acribia S.A. Zaragoza. 1976.

CHUZEL, G.; ZAKHIA, N.; CEREDA, M.P. The potential for new cassava products in Brazil. Chapter 34. p. 299-303. **Cassava Flour and Starch: Progress in Research and Development**. 2002.

CÔNSOLE, S.F. **Otimização das condições de hidrólise ácida do amido de mandioca para obtenção de substituto de gordura: Caracterização de hidrolisados e aplicação em bolos**. Tese de doutorado. FEA/UNICAMP. Campinas. 1998.

COULIN, P. Optimization of Attiéké fermentation: a traditional cassava dish of regional significance in West África. **NIDECO** (Network for International Development and Cooperation). 2003. Disponível em: < [http://www.nideco.ethz.ch/pubs/Annual\\_Report/NIDECO\\_Portrait\\_and\\_Annual\\_Report\\_2003.pdf](http://www.nideco.ethz.ch/pubs/Annual_Report/NIDECO_Portrait_and_Annual_Report_2003.pdf). > Acesso em: 22 de janeiro de 2004.

CURTO, R.C.S. **Estudo comparativo entre duas cepas de *Saccharomyces cerevisiae* CCT 1530 e CCT 1531 para a produção de proteínas unicelulares a**

**partir de hidrolisado de amido de mandioca.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Química. UFSC. 1998.

DEMIATE, I.M.; BARANA,A.C.;CEREDA,M.P.;WOSIACKI,G. Organic acid profile of commercial sour cassava starch. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas. V.19, n.1. 1999.

DEMIATE, I.M.; DUPUY, N.; HUVENNE, J.P.; CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Relationship between banking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. **Carbohydrate Polymers.** V.42, p.149-158. 2000.

EDIJALA, J.K.; OKOH, P.N.; ANIGORO, R. Chemical assay of cyanide levels of short-time-fermented cassava products in the Abraka area of Delta State, Nigeria. **Food Chemistry.** V.64, n.1, p.107-110. 1999.

EL-DASH, A.A. Utilização da mandioca na alimentação humana e em outros produtos industrializados. **Informe Agropecuário.** Belo Horizonte. V.13, n.145, p.74-82. 1987.

FENNEMA, O.R. **Química de los alimentos.** 2ª edição. Editorial Acribia S.A.Zaragoza. 2000.

FELLOWS, P. Tecnologia del procesado de los alimentos: principios y prácticas. Ed. Acribia SA. Zaragoza. Espanha. 1994.

FRANCO, C.M.L.; DAIUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO, L.J.C.B.; LEONEL, M.; CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S.B.S. **Propriedades gerais do amido.** Fundação Cargill. Campinas. 2001.

FREITAS, R.A.; PAULA, R.C.; FEITOSA, J.P.A.; SIERAKOWSKI, M.R. Amylose contents, rheological properties and gelatinization kinetics of yam (*Discorea alata*) and cassava (*Manihot utilíssima*) starches. **Carbohydrate Polymers.** Article in press. 2003.

GALLANT, D. J.; BOUCHET, B.; BALDWIN, P.M. Microscopy of starch: evidence of a new level of granule organization. **Carbohydrate Polymers.** V.32, p.177-191. 1997.

GARCIA, V; COLONNA, P; BOUCHET, B; GALLANT, D.J. Structural changes of cassava starch granules after heating at intermediate water contents. **Starch/ Stärke**. V.49, n.5, p.171-179. 1997.

GIRALD, E.; BRAUMAN, S.; KÉLÉKE, M.; GOSSELIN, L.; RAIMBAULD, M. A Lactic acid bacterium with potential application in cassava fermentation. Chapter 23. p.197-209. **Cassava Flour e Starch: Progress in Research and Development**. 2002.

GORINSTEIN, S.; LII, C. The effects of enzyme hydrolysis on the properties de potato, cassava e amaranth starches. **Starch / Stärke**. V.12, p. 461-466. 1992.

GROXKO, M. Mandioca.<<http://www.pr.gov.br/seab/deral/cultura>>. Acesso em 20 de agosto de 2002.

GUNARATNE, A.; HOOVER, R. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. **Carbohydrate Polymers**. V.49, p. 425-437. 2002.

GUZMAN-MALDONADO, G.H.; LÓPEZ, P. Amylolytic enzymes and products derived from starch: a Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**. V.35, n.5, p.373-403. 1995.

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

GYUOT, J.P.; BRIZUELA, M.A.; SANOJA, R.R.; MORLON-GUYOT, J. Characterization and differentiation of *Lactobacillus manihotivorans* strains isolated from cassava sour starch. **International Journal of Food Microbiology**, V.87, p. 187-192. 2003.

KOBYLÁNKI, J.R.; PÉREZ, O.E.; PILOSOF, A.M.R. Thermal transitions of gluten-free doughs as affected by water, egg white and hydroxypropylmethylcellulose. **Thermochimica Acta**. Article in press. 2003.

KATO, M.S.A.; SOUZA, S.M. Conservação de raízes após colheita. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. V.13, n.145, p.9-11. 1987.

KIMARYO, V.M.; MASSAWE, G.A.; OLASUPO, N.A.; HOLZAPFEL, V.H. The use of a starter in the fermentation of cassava for the production of “kivunde”, a traditional Tanzanian food product. **International Journal of Food Microbiology**. V.56, p.179-190. 2000.

HAQUE, M.R.; BARDBURY, J.H.; Preparation of linamarase solution from cassava latex for use in the cassava cyanide kit. **Food Chemistry**. V.67, n.3, p.305-309. 1999.

HIZUKURI, S. Relationship between the distribution of the chain length of amylopectin and the crystalline structure of starch granules. **Carbohydrate Research**, V. 141, p. 295-306. 1985.

HOSENEY, R.C. **Principles of Cereal Science and Technology**. St. Paul, Minnesota, USA : AACC, 1996. 19p.

ISHIGURO, K.; NODA, T.; KITAHARA, K. Retrogradation of sweetpotato starch. **Starch/Stärke**. V.52, n.1, p.13-17. 2000.

JANE, J.S. Starch Properties, Modifications and Applications. **Pure Applied Chemistry**. V.32, n.4, p.751-757. 1995.

LEACH, H. W.; McCOWEN, L. D.; SCHOCH, T. J. Structure of starch granule. 1. Swelling solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**. V. 35, n. 6, p. 534–544, 1963.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V.20, n.1. 1998.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S.B.S. **Propriedades gerais do amido**. Fundação Cargill. Campinas. 2001.

LI, J-Y.; YEH, A-I. Relationship between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches. **Journal of Food Engineering**. V.50, p.141-148. 2001.

LIMA, J.W.C. Análise ambiental do processo produtivo de polvilho em indústrias do Extremo Sul de Santa Catarina. **Tese de Mestrado em Engenharia de Produção**. UFSC. Florianópolis.2000.

LIMAS, A.O. Desenvolvimento de farinha fermentada a partir de quirera de arroz. **Tese de Mestrado em Engenharia Química e Engenharia de Alimentos**. UFSC. 2002.

LIN, P-Y.; CZUCHAJOWSKA, Z. Role of phosphorus in viscosity, gelatinization and retrogradation of starch. **Cereal Chemistry**. V.75, p. 705-709. 1998.

MAEDA, K.C.; CEREDA, M.P. Avaliação de duas metodologias de expansão ao forno do polvilho azedo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.21,n.2,p.139-143. 2001.

MAZURS, E. G.; SCHOCH, T. J.; KITE, F. E. Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of various starches. **Cereal Chemistry**. V. 34, n. 3, p. 141 – 152, 1957.

MENDES DA SILVA, C.E.; FAÇANHA, S.H.F.; GOMES DA SILVA, M.G. Efeito do teor de água, amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de amido de mandioca obtido por fermentação natural. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.18, n.1, p.60-62. 1998.

MESTRES, C. **Los estados físicos de almidon**. In: Conferência Internacional de Almidon. Quito. P.1-16. 1996.

MESTRES, C.; ROUAU, X. Influence of natural fermentation and drying conditions on the physicochemical characteristics of cassava starch. **Journal Science Food Agriculture**. V.74, p.147-155. 1997.

MOORE, G.R.P. Amido de milho e mandioca na produção de maltodextrinas. **Tese de Mestrado em Ciência dos Alimentos**. UFSC. Florianópolis. 2001.

MORRISON, R.T.; BOYD, R.N. **Organic Chemistry**. 5ed. Boston, Massachussets, USA, p. 1309-1315. 1990.

NAKAMURA, I. M.; MORAES, I.O.; MARTUCCI, E.T. Considerações sobre tecnologia da fécula de mandioca fermentada: produção, propriedades físico-químicas e aplicações. **Científica**. V.4, p.196-202, 1976.

NAMPOOTHIRI, K.M.; PANDEY, A. Fermentation and recovery of L. glutamic acid from the cassava starch hydrolysate by ion-exchange resin column. **Revista de Microbiologia**, V. 30, p. 258-264. 1999.

PADMAJA,G.; BALAGOPALAN, C.; MOORTHY,S.N.; POTTY,V.P. Yuca rava and yuca porridge: the funcional properties of two novel cassava food products. Chapter 37, p.323-330. **Cassava Flour and Starch: Progress in Research and Development**.2002.

PANDEY, A.; SOCCOL, C.R.; NIGAM, P.; SOCCOL, V.T.; VANDENBERGHE, L.P.S.; MOHAN, R.. Biotchnological potencial of agro-industrial residues. II: cassava bagasse – Review paper. **Bioresource Tecnology**. V.74, p. 81-87, 2000.

PARK, Y.K. Produção de enzimas. **Biotechnologia – Tecnologia das Fermentações**. Vol. 1, Cap.9, p.183-209. Ed. da Universidade de SP. 1975.

PELCZAR JR.; M.I; CHAN E.C.S.; KRIEG, N.R. **Microbiologia- Conceitos e Aplicações**. 2<sup>a</sup> Ed. V.2. Editora Makron Books. São Paulo. 1996

PEREIRA, J. CIACCO; C.F.; VILELA, E.R.; TEXEIRA, L.S. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.19, n.2, p.287-293. 1999.

PLATA-OVIEDO, M.;CAMARGO, C.R.O. Determinação de propriedades físico-químicas e funcionais de duas féculas fermentadas de mandioca (polvilho azedo). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V.15, n.1, p.59-65. 1995.

RAUPP, D.S.; MOREIRA, S.S.; BANZATTO, D.A.; SGARBIERI, V.C. Composição e propriedades fisiológico-nutritivas de uma farinha rica em fibras insolúvel obtida do resíduo fibroso de fecularia de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19 (2), p.205-210. Campinas. 1999.

RAKSHIT, S.K. Recent trends in cassava starch production and application. Tailândia. 2004. Disponível em: <[http:// www.agfdt.de/loads/st00/raksit.pdf](http://www.agfdt.de/loads/st00/raksit.pdf)> Acesso em: 22 de janeiro de2004.

REED, G. **Enzymes in Food Processing**. London. Ed. Academis Press, 2.ed. 1975.

RIVEIRA, H.H.P. Fermentação de amido de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz): avaliação e caracterização do polvilho azedo. Tese de doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Viçosa. 1997.

RICKARD, J.E.; ASAOKA, M.; BLANSHARD, J.M.V. The physicochemical properties of cassava starch. **Tropical Science**. V.31, p. 189-207. 1991.

ROBINSON, D.S. **Bioquímica y valor nutritivo de los alimentos**. Ed. Acribia SA. Zaragoza. Espanha. 1991.

ROSENTHAL, F.R.T.; NAKAMURA, T.; SPÍNDOLA, <sup>a</sup>M.C.; JOCHIMEK, M.R. Structure of starch granules. Part 3. Some considerações on leguminosae and tuberosae. **Starch/Stärke**. V.26, n.2, p.50-56. 1974.

SANGRILO, E.; FILHO, P.S.V.; PEQUENO, M.G.; SCAPIM, C.A.; VIDIGAL, M.C.G.; DINIZ, S.P.S.S.; MODESTO, E.C.; KVITSCH, M.V. Effect of harvest period on the quality of storage roots e protein content of the leaves in five cassava cultivares (*Manihot esculenta*, Crantz). **Brazilian Archives of Biology and Technology**. V.46, n.2, p. 295-305. 2003.

SANNI, A.I.; MORLON-GUYOT, J.; GUYOT, J.P. New efficient amylose-producing strains of *Lactobacillus plantarum* e *lactobacillus fermentarum* isolated from different Nigerian traditional fermented foods. **Internatinal Journal of Food Microbiology**, V. 72, p. 53-62. 2002.

SILVEIRA, I.A.; CARVALHO, E.P.; SCHWAN, R.I.; PILON, L. Aspectos gerais e microbiológicos da fermentação de fécula de mandioca para a produção de polvilho azedo. **Higiene Alimentar**. V.14, n.68/69, p.26-31. 2000.

SRIROTH, K.; SANTISOPASRI, V.; PETCHALANUWAT, C.; KUROTJANAWONG, K.; PIYACHOMKWAN, K.; OATES, C.G. Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, V.38, p. 161-170. 1999.

SOARES, R.M.D. Caracterização parcial de amido em cultivares brasileiros de cevada (*Hordeum vulgare L.*). Tese de mestrado em Ciência dos Alimentos. UFSC. Florianópolis. 2003.

TELES, F.F. Técnicas de liberação do HCN e toxidez cianogênica das mandiocas. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. V.13, n.145, p.18-22. 1987.

VILELA, E.R.; FERREIRA, M.G. Tecnologia de produção e industrialização do amido de mandioca. . **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. V.13, n.145, p.69-73. 1987.

YU, L.; CHRISTIE, G. Measurement of starch thermal transitions using differential scanning calorimetry. **Carbohydrate Polymers**. V.46, p.176-184. 2001.

WESTBY, A. Cassava Utilization, Storage and Small-scale Processing. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. Chapter 14. CAB International. 2002.

WHISTLER, R. L.; BEMILLER, J.N. **Carbohydrate Chemistry for Food Scientists**. Saint Paul: AACC, p.117-151. 1997.

WILLIAMS, P. C.; KUZINA, D. F. and HLINKA, I. A . Rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. *Cereal Chemistry*. V. 7, n. 197, p. 412 – 420, 1970.

ZANIN, G.M. Sacarificação de amido em reator do leite fluidificado com enzima amiloglicosidase imobilizada. Tese de doutorado em Engenharia de Alimentos. 455p. UNICAMP. 1989.

ZOBEL, H.F.; STEPHEN, A .M. Starch: structure, analysis and application. **Food polysaccharides and their application**. P.19-66. New York. 1995.

## **CAPÍTULO 2**

### **EFEITO DA ADIÇÃO DE GLICOSE SOBRE A FERMENTAÇÃO DO POLVILHO AZEDO**

Trabalho a ser submetido para a Revista “Journal of Food Technology”

Parte deste trabalho foi aceito para apresentação no 9º Congresso Internacional de Engenharia de Alimentos – Montpellier – França – 07 a 11 de março de 2004.

**Maria Janete Angeloni MARCON, Lígia Alves da COSTA, Manoela Alano VIEIRA, Edna Regina AMANTE.** Efeito da adição de glicose sobre a fermentação do polvilho azedo. 2004. **Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos).** Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## RESUMO

A produção de polvilho azedo tem ocorrido através de processo fermentativo, conduzido de forma empírica, representado pela evolução da microbiota contaminante natural da mandioca e do meio, originando o polvilho azedo; um amido ácido, com propriedades de expansão diferenciadas das propriedades da fécula ou amido nativo. Este processo de fermentação ocorre sem monitoramento de parâmetros de qualidade, sendo finalizado segundo a experiência dos produtores. Com o objetivo de estudar o efeito da adição de glicose sobre a velocidade de fermentação do polvilho azedo, sem comprometer as propriedades funcionais, foi realizado este trabalho. Foram conduzidas fermentações de amidos de mandioca provenientes de três municípios produtores de polvilho azedo do Estado de Santa Catarina: Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul, sob quatro tratamentos: tradicional (similar ao que é realizado nas empresas); 0,10; 0,25 e 0,50% de glicose sobre o volume do leite de amido. Diariamente foram monitorados: acidez aquo solúvel, pH e temperatura da água de fermentação e ambiente. A fermentação foi interrompida com a estabilização do pH e acidez em torno de 20 mL de NaOH N e os polvilhos obtidos foram secos ao sol. A adição de glicose na concentração de 0,50% contribuiu para duplicar a velocidade de fermentação e pode ser sugerida para aumentar a produtividade na produção do polvilho azedo.

**Palavras chave:** fermentação, amido, mandioca.

Maria Janete Angeloni MARCON, Lígia Alves da COSTA, Manoela Alano VIEIRA, Edna Regina AMANTE. **EFFECT OF GLUCOSE ADDITION ON SOUR CASSAVA STARCH FERMENTATION. 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.**

### **ABSTRACT**

Sour cassava starch production have been carried out by a fermentative process conducted in an empirical form, represented by the evolution of the natural microbe contaminants from cassava and the environment, where the conversion of starch to sour cassava starch occurs, resulting in an acid starch with different expansion properties from those of native cassava starch. This fermentation process occurs with no control parameters associated, and it is finished at a practical form. This research was carried out with the goal of contributing to the improvement of the productive process and to study the effect of glucose addition on fermentation velocity. Fermentation of cassava starch from three sour cassava starch productive regions of Santa Catarina State, Rio do Sul, Tubarão and Santa Rosa do Sul, was conducted, and four treatments were tested: traditional (similar from the one used in the industries); 0.10%; 0.25% and 0.50% of glucose on cassava starch suspension. Water soluble acidity, pH and temperature of the environmental and fermentation's water were monitored daily. When constant acidity and pH were achieved the fermentation was interrupted and solar dehydration of the sour cassava starch was performed. Glucose addition on a 0.50 % concentration contributed to the reduction of sour cassava starch fermentation time.

**Key words:** fermentation, starch, cassava.

## 1 INTRODUÇÃO

A elaboração de derivados da mandioca ocorre no Brasil em diferentes escalas de produção e, raras vezes, o incremento na escala corresponde à evolução tecnológica. Este fato não tem comprometido a grande preferência pelos produtos: farinha, fécula, beiju, sagu, polvilho doce, polvilho azedo, tapioca e muitos outros.

O polvilho azedo é um importante derivado da mandioca, cujo processo produtivo necessita de melhorias, com a finalidade, principalmente, de ampliar a oferta do produto para mercados mais exigentes, onde a padronização dos produtos é decisiva para a fixação de preferências (CEREDA e LIMA, 1981; CEREDA, 1983 a, 1985; ASCHERI e VILELA, 1995; LEONEL e CEREDA, 2000; LIMAS, 2002).

A busca pela eficiência e rapidez no processo de produção do polvilho azedo é uma das formas de sobrevivência no cenário competitivo, provocado pelo processo de globalização (LIMAS, 2002).

Adicionalmente à reconhecida variabilidade da matéria-prima, o amido extraído de diferentes variedades de mandioca, regiões e solos, interfere significativamente na qualidade do produto final (CEREDA, 1987, SRIROTH et al., 1999; SRIROTH (1999) apud CHATAKANONDA et al., 2003).

O polvilho azedo é obtido basicamente da fermentação natural da fécula de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) e seco ao sol, muito utilizada como matéria-prima insubstituível na confecção de biscoitos e pão de queijo (NAKAMURA et al., 1976; CEREDA, 1983, 1983 a, 1983 b, 1985, 1987; AMANTE, 1986; ASCHERI e VILELA, 1995; SILVEIRA et al., 1999, 2000; MAEDA e CEREDA, 2001; BALAGOPALAN, 2002).

O leite de amido ou a fécula fermentada para a produção do polvilho azedo podem conduzir a produtos finais com ampla faixa de características, uma vez que não são adotados parâmetros de controle durante o processo produtivo (NAKAMURA et al., 1976; CEREDA e LIMA, 1981).

A tecnologia é transferida de pai para filho através dos tempos. É possível encontrar mesmo em uma única região do Brasil, empresas processadoras de

polvilho azedo conduzindo processos de forma muito diversa (CEREDA, 1987, CEREDA et al., 1995; CARVALHO et al., 1995; SILVEIRA et al., 2000; LIMA, 2000). No setor polvilheiro predominam as micro e pequenas empresas, as quais contribuem para a manutenção do homem no campo e no desenvolvimento dos municípios (LIMA, 2000).

Cereda e Lima; 1981, Cereda; 1983a, 1983b, 1987; Cereda e Bonassi; 1985, Cereda et al., 1995, Mendes da Silva et al., (1998), Demiate et al., (2000), e outros têm realizado trabalhos com a finalidade de trazer mudanças para o setor, dispondo de informações sobre a evolução do processo fermentativo do polvilho azedo propriamente dito, o qual ocorre de forma empírica.

No processo fermentativo para a produção do polvilho azedo, os microrganismos responsáveis não são introduzidos na forma de iniciadores, porque a fermentação ocorre utilizando a própria microbiota contaminante, executando as funções específicas para cada uma das etapas do processo (Cereda et al., 1995, Ascheri e Vilela, 1995).

De acordo com Cárdenas e Buckle, 1980; Cereda e Giaj – Levrá, 1987; Carvalho et al., 1995, 1996; Silveira et al., 2000 a primeira etapa do processo está caracterizada pela formação de açúcares devido à ação fúngica. Os processos fermentativos podem levar de 30 a 60 dias e ocorrer mais lentamente em regiões mais frias, como ocorre em Santa Catarina, principalmente no sul do Estado (Nakamura et al., 1976, Cereda e Catâneo, 1986, Cereda et al., 1995; Plata-Oviedo e Camargo 1995, Pereira et al., 1999; Silveira et al., 2000). Associadas a muitas outras, esta diferença no tempo de fermentação pode contribuir para alterações da qualidade do produto e para perdas econômicas, devido à necessidade de maior ocupação dos tanques e menor frequência de oferta de produtos para o mercado.

O tempo e as condições de fermentação diferem entre produtores, mas as fermentações envolvidas sempre ocorrem de forma empírica, segundo a experiência dos produtores.

Considerando a importância dos primeiros passos da fermentação, o presente trabalho avalia o efeito da adição de glicose sobre a velocidade de fermentação do polvilho azedo, com o objetivo de aumentar a produtividade do processo fermentativo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFSC, no Laboratório de Frutas e Hortaliças.

### 2.1 Material

A partir de amostras de amido de mandioca de três procedências foram elaborados polvilhos azedos pela metodologia tradicional (Figura 1) e pelo método melhorado, através da adição de glicose, nas concentrações de 0,10; 0,25 e 0,50% sobre o volume dos recipientes (AMANTE, 1999).

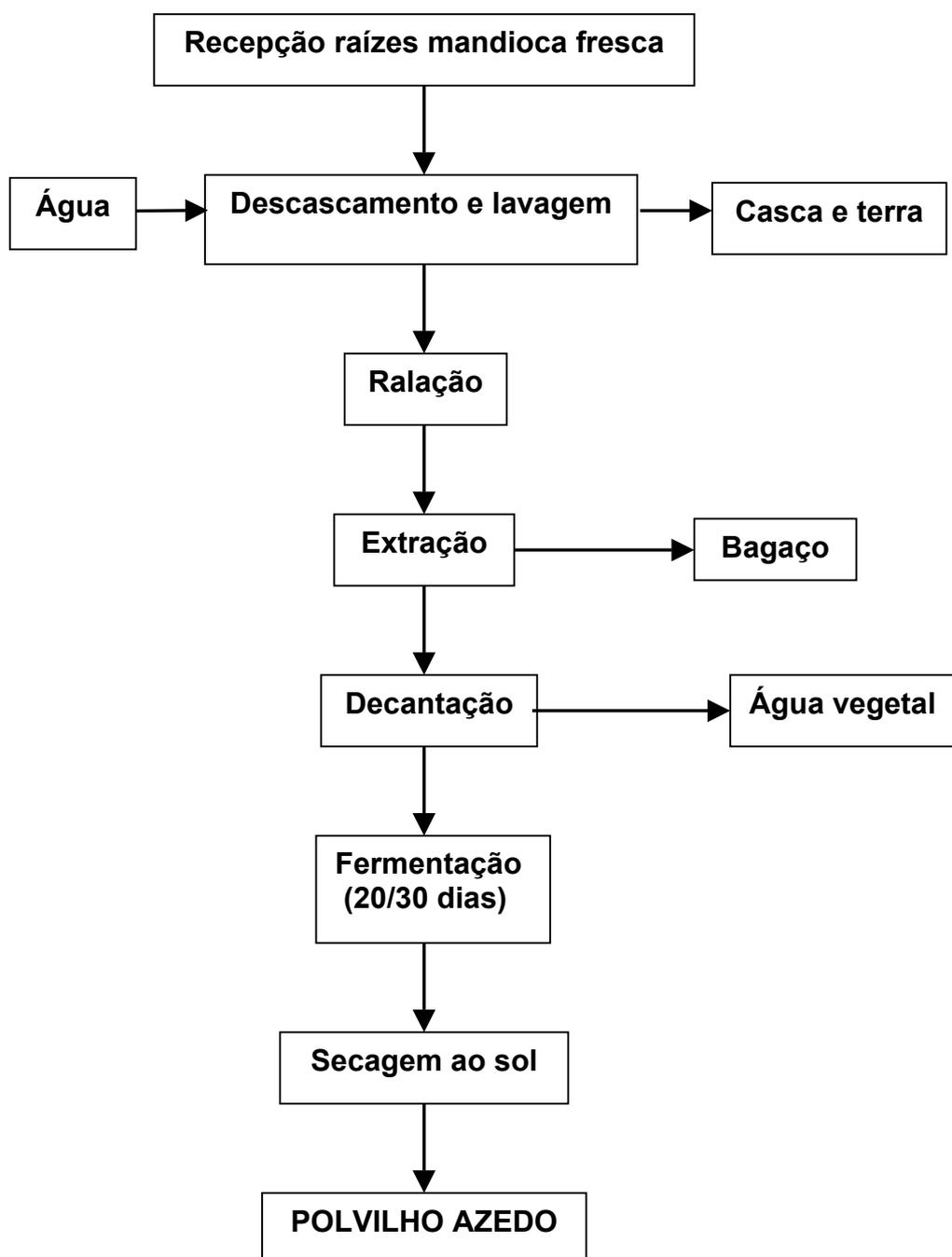
As amostras de fécula foram escolhidas aleatoriamente de três municípios representantes das regiões polvilheiras de Santa Catarina: Santa Rosa, Rio do Sul e Tubarão.

Nos polvilhos fermentados no laboratório, as amostras foram pesadas (2,5 Kg), em triplicata, para cada tratamento e, distribuídas em recipientes plásticos de 20 litros de capacidade, devidamente identificados (Tabela 1), suspensas com água em excesso (10 litros) para formar uma camada sobrenadante sobre o amido. A glicose foi adicionada nas concentrações devidas sobre o volume do leite de amido contido nos recipientes. Os recipientes foram previamente numerados de 1 a 36 e posteriormente marcados com a amostra e concentração (Anexo I).

A disposição dos recipientes sobre as bancadas, no laboratório, foi feita através de sorteio aleatório e pode ser visualizada no Anexo I.

Cada recipiente continha uma ficha para anotações diárias.

Foram realizadas, diariamente, análises de pH, acidez e medida a temperatura do recipiente e do ambiente. As análises foram todas realizadas em triplicata e considerados os valores médios de cada amostra.



**Figura 1 Fluxograma sintético do processo de fabricação do polvilho azedo**  
(Ascheri e Vilela, 1995).

**Tabela 1 Identificação das amostras de fécula de mandioca, de polvilho azedo industrial e modificado pela adição de glicose procedentes de três regiões do Estado de Santa Catarina: Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul.**

<b>Amostras</b>	<b>Discriminação</b>
RS F	Fécula de Rio do Sul
RS P	Polvilho azedo Rio do Sul (Industrial)
RS TD	Polvilho azedo tradicional a partir da fécula de Rio do Sul *
RS 0,10	Polvilho azedo com a adição de 0,10% de glicose a partir da fécula de Rio do Sul*
RS 0,25	Polvilho azedo com a adição de 0,25% de glicose a partir da fécula de Rio do Sul*
RS 0,50	Polvilho azedo com a adição de 0,50% de glicose a partir da fécula de Rio do Sul*
TB F	Fécula de Tubarão
TB P	Polvilho azedo de Tubarão (Industrial)
TB TD	Polvilho azedo tradicional a partir da fécula de Tubarão*
TB 0,10	Polvilho azedo com a adição de 0,10% de glicose a partir da fécula de Tubarão*
TB 0,25	Polvilho azedo com a adição de 0,25% de glicose a partir da fécula de Tubarão*
TB 0,50	Polvilho azedo com a adição de 0,50% de glicose a partir da fécula de Tubarão*
SR F	Fécula de Santa Rosa do Sul
SR P	Polvilho azedo de Santa Rosa do Sul (Industrial)
SR TD	Polvilho azedo tradicional a partir da fécula de Santa Rosa do Sul*
SR 0,10	Polvilho azedo com a adição de 0,10% de glicose a partir da fécula de Santa Rosa do Sul*
SR 0,25	Polvilho azedo com a adição de 0,25% de glicose a partir da fécula de Santa Rosa do Sul*
SR 0,50	Polvilho azedo com a adição de 0,50% de glicose a partir da fécula de Santa Rosa do Sul*

\*Elaborados em bancada.

### 2.1.1 Processo fermentativo

Os amidos contidos nos recipientes plásticos, devidamente marcados e distribuídos nas bancadas, foram deixados fermentar sob camada sobrenadante de água.

Para a interrupção da fermentação foram usados os parâmetros de estabilidade no valor do pH, acidez titulável em torno de 20 mL de NaOH N e o desprendimento de bolhas de gás do interior do amido (parâmetro usado pelos polvilheiros), citados por Nakamura et al., 1976; Cereda e Lima, 1981; Cereda, 1983 a, 1987; Ascheri e Vilela, 1995; Cereda et al., 1995; Demiate et al., 1999, 2000; Silveira et al., 2000.

Após este período a água do processo fermentativo foi drenada e os polvilhos azedos foram secos ao sol, sobre superfícies plásticas devidamente identificadas (NAKAMURA et al., 1976; CEREDA E LIMA, 1981; CEREDA, 1983 a, 1987; ASCHERI e VILELA, 1995; CEREDA et al., 1995; DEMIATE et al., 1999, 2000; GUYOT e MORLON-GUYOT, 2001; SILVEIRA et al., 2000; AMPE et al., 2001).

O processo de secagem teve a duração de três dias, para que a massa do polvilho estivesse seca. Foi utilizado os parâmetros dos produtores que é o de pressionar a massa na mão e perceber a não formação de aglomerado.

Após este período os polvilhos foram acondicionados em sacos plásticos devidamente marcados e colocados em recipientes fechados.

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Água da fermentação:

Diariamente foram realizadas análises, em triplicata, de pH, acidez aquo-solúvel, temperatura da água do processo e do ambiente. Também foram feitas anotações sobre o comportamento das amostras quanto ao aparecimento de espuma, bolhas e bolores.

### 2.2.2 Acidez Aquo-Solúvel

Foi determinada através do método adaptado AOAC (1965), 1ª edição, realizada pela Comissão Técnica encarregada de reformular a Portaria 554/95, Ministério da Agricultura (BRASIL, 1995).

Foi pipetado 10 mL da água do processo, em Erlenmeyer de 100 mL e adicionada água destilada até o volume de 50 mL, adicionado 3 gotas de fenolftaleína e sob agitação, utilizando agitador magnético, titulando com solução de NaOH 0,1 N até a viragem de cor para ligeiramente rósea.

O resultado foi calculado pelo volume de mL gastos de NaOH 0,1 N x Fator de Correção do NaOH 0,1 N.

### 2.2.3 pH e temperatura

Foi determinado diretamente na água da fermentação, utilizando o potenciômetro (pHmetro digital Instrutherm pH 1600). Temperatura dos recipientes e do ambiente foi determinada utilizando termômetro.

## 2.3 Análise Estatística

A velocidade relativa de fermentação foi avaliada através do Teste de Proporções, sendo as demais variáveis avaliadas através de Análise de Variância (ANOVA) e teste de comparação entre médias Tukey ( $p < 0,05$ ), utilizando o sistema Statistical 6.0.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

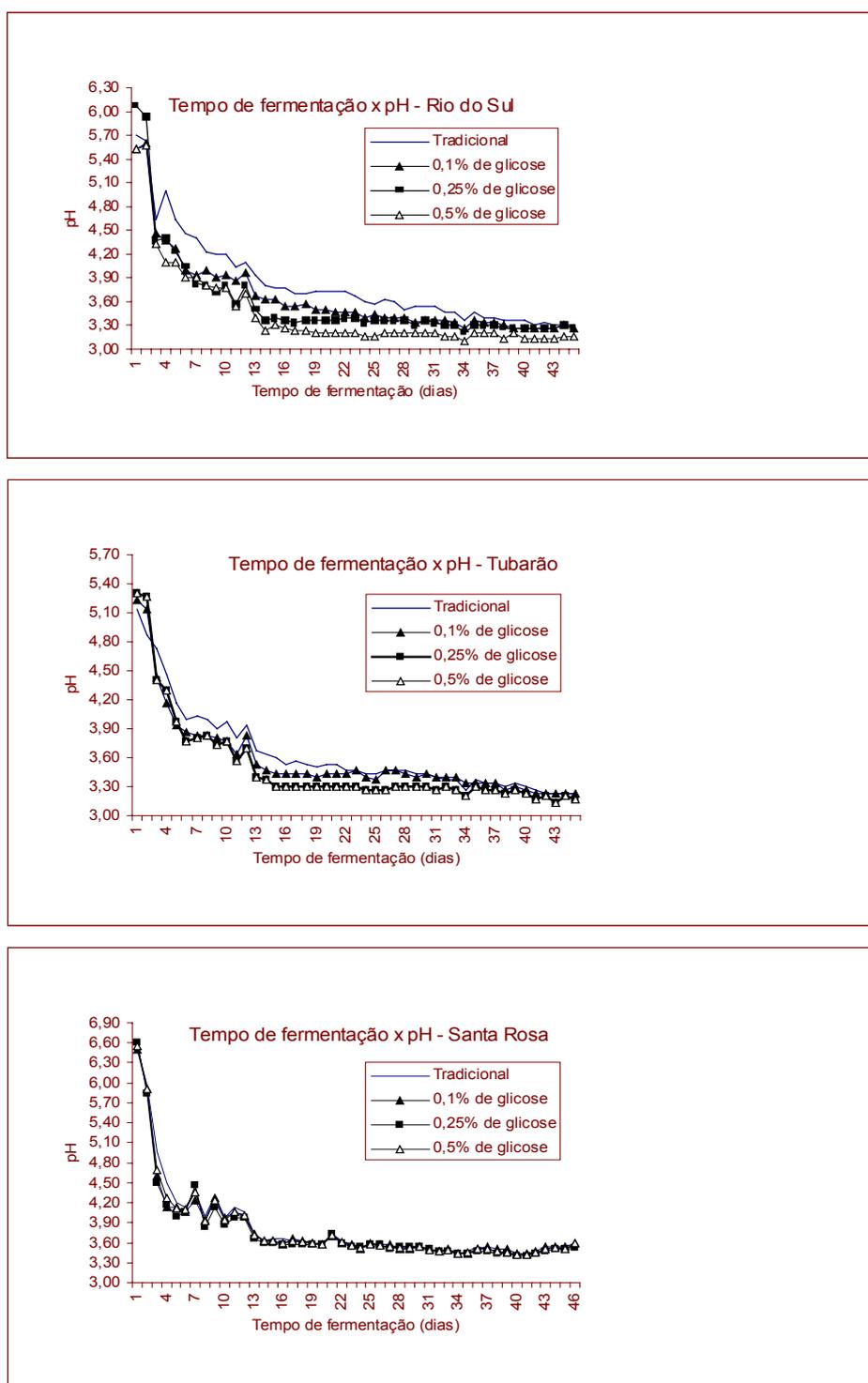
Os resultados para o pH e a acidez dos processos fermentativos acompanhados diariamente, sob o sistema tradicional e os modificados com 0,10; 0,25 e 0,50% de glicose, realizados com amidos de três diferentes procedências, podem ser observados nas Figuras 2 e 3 e, os das avaliações diárias, estão ilustrados no Anexo II.

A fermentação realizada com a fécula de Rio do Sul e de Tubarão apresentou comportamento diferente da fécula de Santa Rosa do Sul. A fécula de Santa Rosa do Sul, para todos os tratamentos, apresentou processo fermentativo mais intenso e a acidez final foi atingida em menor período. Isto justifica o interesse em estudar a fermentação do amido a partir de diferentes amostras, devido à variabilidade natural do amido, encontrada também por outros autores, estudando outros processos (CEREDA e LIMA, 1981; CEREDA, 1983, 1987, 1993; CEREDA e BONASSI, 1985; CEREDA e GIAJ-LEVRA, 1987; ASCHIERI e VILELA, 1995; SRIROTH et al., 1999; DEMIATE et al, 1999; CHATAKANONDA et al., 2003).

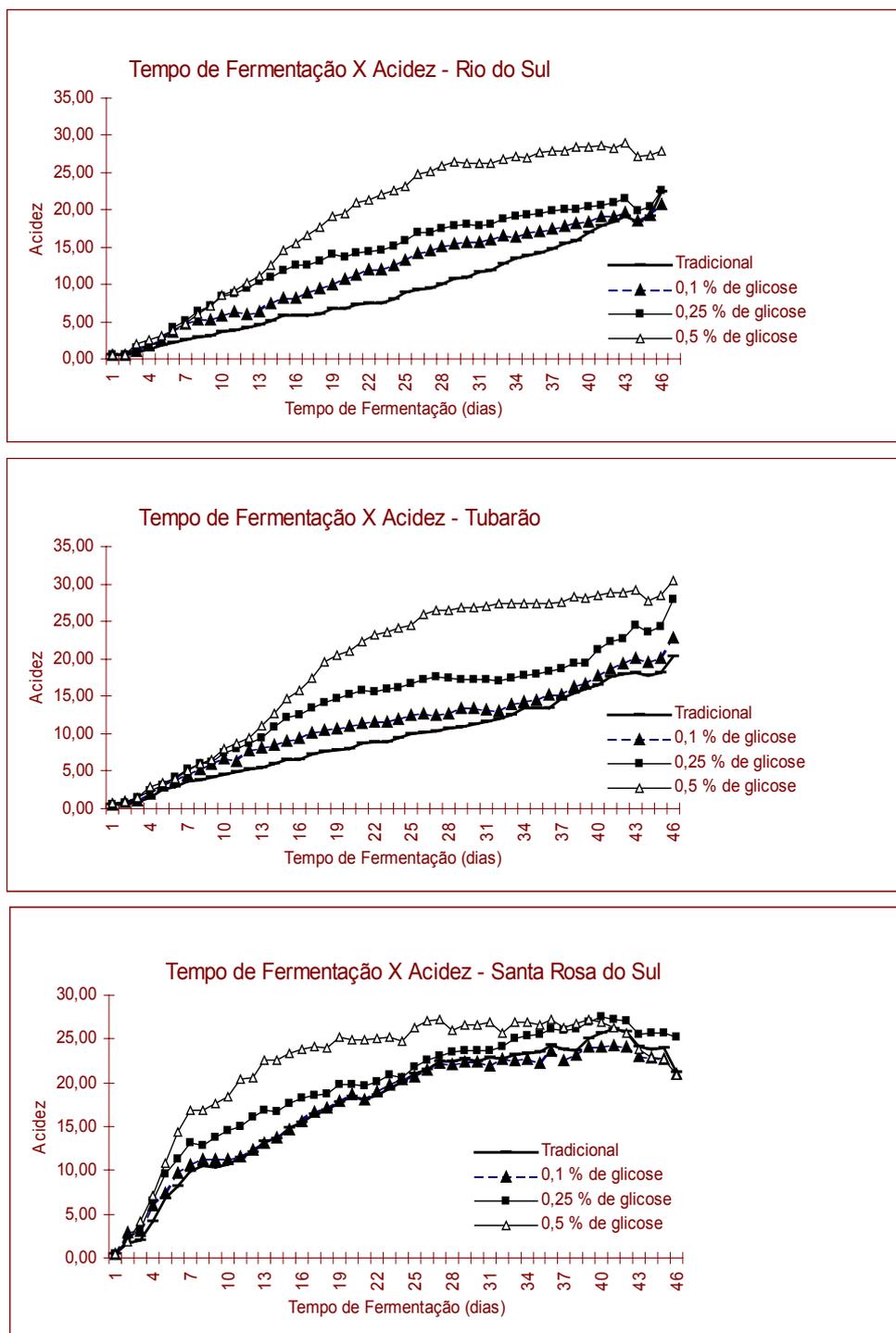
O acompanhamento do processo de produção do polvilho azedo, pelo método tradicional e com glicose, indicou intensa redução do pH nos quatro primeiros dias de fermentação, com reduções menos intensas até estabilizar, entre o décimo e o décimo terceiro dia de fermentação, variável segundo a origem da fécula em fermentação.

Este comportamento foi semelhante ao observado por Cereda e Lima (1981); Cereda (1983); Cereda e Gijaj-Levra (1987); Aschieri e Vilela (1995); Carvalho et al. (1996); Pereira et al. (1999) os quais afirmam que a queda do pH ocorre em função da formação de compostos aromáticos e, principalmente, ácidos orgânicos.

Foi observado que a fermentação tradicional da fécula de Rio do Sul apresentou comportamento característico, com diferenças entre os tratamentos, demonstrando que a adição da glicose não interfere na velocidade de redução do pH, mas que o valor final deste é dependente do tipo de amido.



**Figura 2** Variação do pH em função do tempo de fermentação do polvilho azedo tradicional e modificado pela adição de diferentes concentrações de glicose, a partir de féculas de três regiões do Estado de Santa Catarina.



**Figura 3** Variação da acidez em função do tempo de fermentação do polvilho azedo tradicional e modificado pela adição de diferentes concentrações de glicose, a partir de féculas de três regiões do Estado de Santa Catarina.

Na fermentação da fécula de Rio do Sul, o pH final diminuiu com o aumento da concentração de glicose, sendo menor a influência na fermentação da fécula de Tubarão, não interferindo na de Santa Rosa do Sul. Portanto, o pH não representa um parâmetro de avaliação para a análise do efeito da adição de glicose sobre a fermentação do polvilho azedo.

Conforme Cereda e Lima (1981) é difícil estabelecer o período necessário para que a fermentação se complete. Alguns autores fixaram em 20 dias; outros quando ocorresse o aparecimento de bolhas no líquido sobrenadante. Nas fermentações conduzidas nesse trabalho as bolhas e espumas apareceram nos primeiros dias de fermentação e a fermentação apresentava-se com diferentes níveis de acidez, o que também foi observado por Cereda e Lima (1981) e portanto se a fermentação for interrompida nessa fase obtém-se polvilhos com diferentes teores de acidez. Isto explica as variações dos valores de acidez encontrados por Cereda e Lima (1981); Cereda (1983 a); Cereda e Bonassi (1985) e Demiate et al. (1999).

Ao contrário do ocorrido com o pH, o valor de acidez titulável na água de fermentação aumentou, o que é compatível com a literatura (CÁRDENAS e BUCKLE, 1980; CEREDA e LIMA, 1981; ASCHERI e VILELA, 1995; CARVALHO et al., 1996; DEMIATE et al., 1999; PEREIRA et al., 1999).

A partir dos resultados observados para a variação da acidez durante a fermentação, considerou-se a acidez final em torno de 20 mL de NaOH N, pois este foi o maior valor de acidez atingida pelas fermentações de Rio do Sul e Tubarão.

Devido ao comportamento diferenciado da fermentação de Santa Rosa do Sul, foi padronizado o mesmo valor como acidez máxima esperada para todas as fermentações.

O efeito do processo melhorado sobre a velocidade de fermentação foi avaliado, considerando o tempo em que cada tratamento levou para atingir acidez igual a 20 mL de NaOH N, sendo o tempo total considerado 100 % (padrão de comparação – T\*) e sobre este, foi avaliada a percentagem de aceleração no processo de fermentação.

Na Tabela 2 pode-se observar o efeito da adição de diferentes concentrações de glicose sobre o tempo de fermentação do polvilho azedo: com a adição de 0,10 e 0,25% de glicose não foi encontrado efeito significativo sobre a redução do tempo de fermentação, para os amidos das três origens; já a adição de 0,50% de glicose foi capaz de reduzir o tempo de fermentação dos amidos fermentados de todas as regiões, com menor efeito sobre o amido de Tubarão.

**Tabela 2 Efeito do processo de produção de polvilho azedo modificado pela adição de diferentes concentrações de glicose sobre a velocidade de fermentação do polvilho azedo**

Origem	n	Tempo de fermentação (dias)			Valor p	
		T*	Glicose (%)			
			0,10 (NS)	0,25(NS)		0,50
Rio do Sul	9	46	46	45	21 (45,65 %) **	0,0098
Tubarão	9	46	45	40	19 (41,30 %) **	0,0073
Santa Rosa	9	24	24	22	11 (45,83 %) **	0,0101

T\* - padrão de comparação

\*\* Percentagem de aceleração: efeito do tratamento

Valores p:

$p_{RS0,5\%}=0,4565$ ,  $p_T=1$ ;  $p_{valor}=0,0098$

$p_{TB0,5\%}=0,4130$ ,  $p_T=1$ ;  $p_{valor}=0,0073$

$p_{SR0,5\%}=0,4565$ ,  $p_T=1$ ;  $p_{valor}=0,0101$

Pode ser constatado que a velocidade de fermentação para o tratamento com 0,50% de glicose é cerca de 100% maior quando comparada à velocidade de fermentação no tratamento tradicional, para as três regiões estudadas. Quanto às demais concentrações de glicose, o efeito não foi significativo sobre a velocidade de fermentação do polvilho azedo.

A temperatura média da água de fermentação e do ambiente durante o processo esteve em torno de 25°C e o aparecimento de bolhas, bolores e espuma ocorreu em torno do terceiro dia para todas as amostras em fermentação, o que está de acordo com Carvalho et al., (1996).

A formação de espuma e bolhas não foi, no presente trabalho, coincidente com o final da fermentação, uma vez que foi observada a continuidade do processo fermentativo até a estabilização do pH e da acidez em torno de 20 mL de NaOH N, levando em consideração que para o polvilho de Santa Rosa do Sul, a acidez máxima atingida esteve neste valor, tanto para a fermentação tradicional quanto para as modificadas.

A temperatura em torno de 25°C é característica para esta época do ano e típica da região sul. Enquanto trabalhos sobre fermentação do polvilho azedo realizados nas regiões mais quentes indicam o tempo de 20 dias para o final da fermentação, na região sul este processo se prolonga, podendo atingir até 90 dias.

Apesar do bom desempenho das fermentações com glicose, trabalhos adicionais fazem-se necessários quanto às características sensoriais e microbiológicas dos polvilhos obtidos pela fermentação modificada.

#### **4 CONCLUSÕES**

O processo proposto para a melhoria da fermentação do polvilho azedo reduziu em torno de 50 % o tempo de obtenção do mesmo.

O efeito da adição de glicose sobre a fermentação do polvilho azedo é diferenciado segundo a procedência dos amidos nativos.

O parâmetro de processo para o final da fermentação é de acidez em torno de 20 mL de NaOH N para amidos de mandioca.

A adição de glicose permite reduzir o tempo de fermentação, resultando em ajustes nos padrões de qualidade para o polvilho azedo.

A produtividade na fermentação do polvilho azedo pode ser, no mínimo, duplicada, através da adição de glicose.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMANTE, E.R. **Caracterização de amidos de variedades de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) e de Batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. Minas Gerais. 1986.
- AMANTE, E.R. **Contribuição para melhorias no processo de produção do amido de mandioca fermentado (polvilho azedo)**. Relatório final. Projeto SEBRAE/PATME. 20 pág. 1999.
- ASCHERI, D.P.R.; VILELA, E.R. Alterações do polvilho da mandioca pela fermentação, no fabrico de biscoitos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. V.30, n.2, p.269-279. 1995.
- AMPE, F.; SIRVENT, A.; ZAKHIA, N. Dynamics of the microbial community responsible for traditional sour cassava starch fermentation studied by denaturing gradient gel electrophoresis and quantitative rRNA hybridization. **International Journal of Food Microbiology**. V.65, p.45-54. 2001.
- AOAC – OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC International. 16 th ed., Gaithersburg: Ed. AOAC International, 1999.
- BALAGOPALAN, C. Cassava utilization in food, feed and industry. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. Chapter 15, p. 301-318. CAB International. 2002.
- BRASIL, **Norma de Identidade, qualidade, apresentação, embalagem, armazenamento e transporte da farinha de mandioca**. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria n. 554, Brasília, 30 de agosto de 1995.
- BRASIL. **Leis, decretos, etc. Decreto nº 12.486. 20 de outubro de 1978. Normas Técnicas Especiais relativas a Alimentos e Bebidas**. D.O. do Estado de São Paulo. 21 de outubro. 1978. p. 3-25.
- CÁRDENAS, O.S.; BUCKLE, T.S. Sour cassava starch production: a preliminary study. **Journal of Food Science**. V.45, p.1509-1512. 1980.

CARVALHO, E. P.; CANHOS, V.P.; VILELA, E.R. Determinação da microbiota do polvilho azedo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.15, n.3, p.239-245. 1995.

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

CEREDA, M.P.; LIMA, U.A. Aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. II- Controle das fermentações realizadas em laboratório. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.15, p.107-122. 1981.

CEREDA, M.P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). II - Ensaios de absorção de água. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.17, n.3, p.297-304. 1983.

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

CEREDA, M.P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). I- Formulação e preparo de biscoitos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.17, n.3, p.287-295. 1983 b.

CEREDA, M.P.; BONASSI, I.A. Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). III- Ácidos orgânicos e absorção de água. **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas. V.III,n.2, p.21-30. 1985.

CEREDA, M.P.; CATANEO, A. Avaliação de parâmetros de qualidade da fécula fermentada de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas. V.5, n.1, p.55-62. 1986.

CEREDA, M.P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. V.13, n.145, p.63-68, 1987.

CEREDA, M.P.; GIAJ-LEVRA, L.A. Constatação de bactérias não simbióticas fixadoras de nitrogênio em fermentação natural de fécula de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas. V.6, n.1, p.29-33. 1987.

CEREDA, M. P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). Formulação e preparo de biscoitos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, SP. V. 17, n. 3, p. 287 – 295, jul./set. 1993.

CEREDA, M.P.; NUNES, O.L.G.; VILPOUX, O. Tecnologia da produção de polvilho azedo. Botucatu. Centro de Raízes Tropicais (CERAT). Universidade Estadual Paulista. 1995.

CHATAKANONDA, P.; CHINACHOTI, P.; SRIROTH, K.; PIYACHOMKWAN, K.; CHOTINEERANAT, S.; TANG, H.; HILLS, B. The influence of time and conditions of harvest on the functional behavior of cassava starch – a proton NMR relaxation study. **Carbohydrate Polymers**. V.53, p.233-240. 2003.

DEMIATE, I.M.; BARANA,A.C.;CEREDA,M.P.;WOSIACKI,G. Organic acid profile of commercial sour cassava starch. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.19, n.1. 1999.

DEMIATE, I.M.; DUPUY, N.; HUVENNE, J.P.; CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Relationship between banking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. **Carbohydrate Polymers**. V.42, p.149-158. 2000.

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

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V.20, n.1. 2000.

LIMA, J.W.C. Análise ambiental do processo produtivo de polvilho em indústrias do Extremo Sul de Santa Catarina. **Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção**. UFSC. Florianópolis.2000.

LIMAS, A.O. Desenvolvimento de farinha fermentada a partir de quirera de arroz. **Tese de Mestrado em Engenharia Química e Engenharia de Alimentos**. UFSC. 2002.

MAEDA, K.C.; CEREDA, M.P. Avaliação de duas metodologias de expansão ao forno do polvilho azedo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.21,n.2,p.139-143. 2001.

MENDES DA SILVA, C. E.; FAÇANHA, S.H.F.; GOMES DA SILVA, M.G. Efeito do teor de água, amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de amido de mandioca obtido por fermentação natural. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.18, n.1, p.60-62. 1998.

NAKAMURA, I. M.; MORAES, I.O.; MARTUCCI, E.T. Considerações sobre tecnologia da fécula de mandioca fermentada: produção, propriedades físico-químicas e aplicações. **Científica**. V.4, p.196-202, 1976.

PEREIRA, J. CIACCO; C.F.; VILELA, E.R.; TEXEIRA, L.S. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.19, n.2, p.287-293. 1999.

PLATA-OVIEDO, M.; CAMARGO, C.R.O. Determinação de propriedades físico-químicas e funcionais de duas féculas fermentadas de mandioca (polvilho azedo). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V.15, n.1, p.59-65. 1995.

SILVEIRA, I.A.; CARVALHO, E.P.; SCHWAN, R.I.; PILON, L. Aspectos gerais e microbiológicos da fermentação de fécula de mandioca para a produção de polvilho azedo. **Higiene Alimentar**. V.14, n.68/69, p.26-31. 2000.

SRIROTH, K.; SANTISOPASRI, V.; PETCHALANUWAT, C.; KUROTJANAWONG, K.; PIYACHOMKWAN, K.; OATES, C.G. Cassava starch granule structure-function properties: influence of time and conditions at harvest on four cultivars of cassava starch. **Carbohydrate Polymers**, V.38, p. 161-170. 1999.

## **ANEXO I**

**LISTA DAS AMOSTRAS UTILIZADAS NO PROCESSO FERMENTATIVO**

<b>Numeração</b>	<b>Amostras</b>
1	SANTA ROSA TRADICIONAL
2	SANTA ROSA TRADICIONAL
3	SANTA ROSA TRADICIONAL
4	SANTA ROSA 0,1 % DE GLICOSE
5	SANTA ROSA 0,1 % DE GLICOSE
6	SANTA ROSA 0,1 % DE GLICOSE
7	SANTA ROSA 0,25 % DE GLICOSE
8	SANTA ROSA 0,25 % DE GLICOSE
9	SANTA ROSA 0,25 % DE GLICOSE
10	SANTA ROSA 0,5 % DE GLICOSE
11	SANTA ROSA 0,5 % DE GLICOSE
12	SANTA ROSA 0,5 % DE GLICOSE
13	TUBARÃO TRADICIONAL
14	TUBARÃO TRADICIONAL
15	TUBARÃO TRADICIONAL
16	TUBARÃO 0,1 % DE GLICOSE
17	TUBARÃO 0,1 % DE GLICOSE
18	TUBARÃO 0,1 % DE GLICOSE
19	TUBARÃO 0,25 % DE GLICOSE
20	TUBARÃO 0,25 % DE GLICOSE
21	TUBARÃO 0,25 % DE GLICOSE
22	TUBARÃO 0,5 % DE GLICOSE
23	TUBARÃO 0,5 % DE GLICOSE
24	TUBARÃO 0,5 % DE GLICOSE
25	RIO DO SUL TRADICIONAL
26	RIO DO SUL TRADICIONAL
27	RIO DO SUL TRADICIONAL
28	RIO DO SUL 0,1 % DE GLICOSE
29	RIO DO SUL 0,1 % DE GLICOSE
30	RIO DO SUL 0,1 % DE GLICOSE
31	RIO DO SUL 0,25 % DE GLICOSE
32	RIO DO SUL 0,25 % DE GLICOSE
33	RIO DO SUL 0,25 % DE GLICOSE
34	RIO DO SUL 0,5% DE GLICOSE
35	RIO DO SUL 0,5% DE GLICOSE
36	RIO DO SUL 0,5% DE GLICOSE

**Distribuição aleatória das amostras nas bancadas**

32	17	9	12	34	2	31	26	11	20
----	----	---	----	----	---	----	----	----	----

33	5	25	36	35	4	23	19	3	30
----	---	----	----	----	---	----	----	---	----

14	7	24	22
----	---	----	----

27
10
21
13
28
29
1
8
16
18
15
6



Distribuição e preparação das amostras de fécula para a produção de polvilho azedo, no LFH.



Processo fermentativo da fécula de mandioca

**Processo de secagem ao sol dos polvilhos obtidos no LFH.**



## **ANEXO II**

### Dados experimentais obtidos para pH<sup>1</sup> durante o processo de fermentação

Dias	SR	SR	SR	SR	TB	TB	TB	TB	RS	RS	RS	RS
	TD	0,1%	0,25%	0,5%	TD	0,1%	0,25%	0,5%	TD	0,1%	0,25%	0,5%
1	6,53	6,50	6,60	6,57	5,13	5,23	5,30	5,20	5,70	5,53	6,07	5,53
2	5,97	5,90	5,83	5,80	4,87	5,13	5,27	5,40	5,63	5,60	5,93	5,57
3	4,97	4,60	4,50	4,37	4,73	4,43	4,40	4,30	4,63	4,47	4,37	4,33
4	4,50	4,13	4,17	4,27	4,47	4,17	4,30	3,90	5,00	4,37	4,40	4,10
5	4,20	4,13	4,00	3,90	4,17	3,93	3,97	3,70	4,63	4,27	4,23	4,10
6	4,13	4,07	4,07	3,87	4,00	3,87	3,77	3,70	4,47	4,00	4,03	3,90
7	4,37	4,23	4,47	4,07	4,03	3,83	3,80	3,80	4,40	3,93	3,83	3,90
8	4,00	3,93	3,83	3,77	4,00	3,83	3,83	3,70	4,23	4,00	3,80	3,80
9	4,30	4,27	4,13	4,03	3,90	3,80	3,73	3,70	4,20	3,90	3,70	3,77
10	3,97	3,97	3,87	3,70	3,97	3,77	3,77	3,70	4,20	3,93	3,80	3,77
11	4,13	4,07	3,97	3,93	3,80	3,63	3,57	3,50	4,03	3,87	3,57	3,53
12	4,07	4,00	3,97	3,80	3,93	3,83	3,70	3,70	4,10	3,97	3,80	3,70
13	3,73	3,73	3,67	3,43	3,67	3,53	3,40	3,40	3,93	3,67	3,50	3,40
14	3,63	3,63	3,60	3,43	3,63	3,47	3,37	3,30	3,80	3,63	3,37	3,23
15	3,67	3,63	3,60	3,47	3,60	3,43	3,30	3,20	3,77	3,63	3,40	3,30
16	3,67	3,57	3,57	3,43	3,53	3,43	3,30	3,20	3,77	3,53	3,37	3,27
17	3,63	3,67	3,57	3,40	3,57	3,43	3,30	3,20	3,70	3,53	3,33	3,23
18	3,63	3,63	3,57	3,43	3,53	3,43	3,30	3,10	3,70	3,57	3,37	3,23
19	3,60	3,60	3,57	3,47	3,50	3,40	3,30	3,10	3,73	3,50	3,37	3,20
20	3,60	3,57	3,57	3,43	3,53	3,43	3,30	3,10	3,73	3,50	3,37	3,20
21	3,73	3,70	3,73	3,77	3,53	3,43	3,30	3,10	3,73	3,47	3,37	3,20
22	3,63	3,60	3,60	3,53	3,47	3,43	3,30	3,10	3,73	3,47	3,40	3,20
23	3,57	3,57	3,53	3,47	3,47	3,47	3,30	3,10	3,67	3,47	3,40	3,20
24	3,53	3,50	3,53	3,40	3,43	3,40	3,27	3,00	3,60	3,40	3,33	3,17
25	3,53	3,60	3,57	3,50	3,43	3,37	3,27	3,10	3,57	3,43	3,37	3,17
26	3,53	3,57	3,57	3,47	3,47	3,47	3,27	3,10	3,63	3,40	3,37	3,20
27	3,53	3,57	3,50	3,47	3,47	3,47	3,30	3,20	3,60	3,40	3,37	3,20
28	3,53	3,50	3,53	3,43	3,47	3,43	3,30	3,20	3,50	3,40	3,37	3,20
29	3,53	3,50	3,53	3,43	3,43	3,40	3,30	3,20	3,53	3,33	3,30	3,20
30	3,53	3,53	3,53	3,50	3,43	3,43	3,30	3,20	3,53	3,37	3,37	3,20
31	3,47	3,50	3,50	3,43	3,40	3,40	3,27	3,20	3,53	3,37	3,33	3,20
32	3,47	3,47	3,47	3,40	3,37	3,40	3,30	3,10	3,47	3,37	3,30	3,17
33	3,50	3,50	3,47	3,40	3,37	3,40	3,27	3,20	3,47	3,33	3,30	3,17
34	3,43	3,43	3,43	3,40	3,27	3,33	3,20	3,10	3,37	3,27	3,20	3,10
35	3,47	3,43	3,43	3,40	3,37	3,33	3,30	3,20	3,47	3,37	3,30	3,20
36	3,53	3,50	3,47	3,43	3,33	3,33	3,27	3,10	3,40	3,33	3,30	3,20
37	3,50	3,53	3,47	3,47	3,33	3,33	3,27	3,10	3,40	3,33	3,30	3,20
38	3,47	3,50	3,43	3,43	3,30	3,27	3,23	3,10	3,37	3,30	3,27	3,13
39	3,43	3,50	3,43	3,47	3,33	3,30	3,27	3,13	3,37	3,27	3,27	3,20
40	3,43	3,43	3,40	3,43	3,30	3,27	3,23	3,10	3,37	3,27	3,27	3,13
41	3,43	3,43	3,40	3,43	3,27	3,23	3,17	3,10	3,30	3,27	3,27	3,13
42	3,43	3,47	3,43	3,47	3,23	3,23	3,20	3,13	3,33	3,27	3,27	3,13
43	3,50	3,53	3,47	3,53	3,23	3,23	3,13	3,10	3,30	3,27	3,27	3,13
44	3,53	3,53	3,50	3,53	3,23	3,23	3,20	3,17	3,30	3,30	3,30	3,17
45	3,50	3,53	3,50	3,53	3,23	3,23	3,17	3,13	3,30	3,27	3,27	3,17
46	3,57	3,60	3,53	3,60	3,23	3,27	3,20	3,20	3,30	3,33	3,27	3,20

<sup>1</sup> Os resultados apresentados representam os valores médios de análises realizadas em triplicata para cada amostra.

### Dados experimentais obtidos para acidez<sup>1</sup> durante o processo de fermentação

Tempo (dias)	RS	RS	RS	RS	TB	TB	TB	TB	SR	SR	SR	SR
	TD	0,1%	0,25%	0,5%	TD	0,1%	0,25%	0,5%	TD	0,1%	0,25%	0,5%
1	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,66	0,49	0,49	0,49	0,49
2	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,82	0,66	0,82	1,64	2,95	2,13	1,81
3	0,82	1,15	1,48	1,97	0,98	1,15	1,48	1,48	2,08	3,06	3,28	4,10
4	1,31	1,81	1,81	2,57	1,48	1,97	2,30	2,95	4,21	6,07	6,51	7,17
5	1,81	2,46	2,13	3,12	2,63	3,12	3,17	3,45	6,78	7,50	9,63	10,83
6	2,13	3,61	4,10	3,78	2,90	3,78	4,10	3,94	8,21	9,79	11,33	14,34
7	2,46	4,76	5,09	4,76	3,67	4,60	5,25	5,09	9,96	10,72	13,08	16,85
8	2,95	5,25	6,40	6,02	3,72	5,31	6,07	6,02	10,45	11,27	12,86	16,85
9	3,12	5,36	7,06	7,06	4,10	5,91	6,24	6,57	10,29	11,27	13,79	17,67
10	3,67	5,80	8,32	8,59	4,60	6,73	7,50	7,99	10,67	11,22	14,50	18,44
11	3,88	6,29	8,81	9,19	4,82	6,40	7,99	8,70	11,38	11,60	14,99	20,46
12	4,10	6,07	9,47	10,18	5,25	7,72	8,70	9,36	12,09	12,37	16,14	20,52
13	4,60	6,40	10,34	11,16	5,42	8,21	9,47	11,00	13,35	13,13	16,85	22,54
14	5,03	7,39	10,94	12,56	6,07	8,54	10,83	12,64	13,57	13,73	16,74	22,65
15	5,75	8,21	11,82	14,61	6,57	9,03	12,15	14,77	14,88	14,66	17,62	23,36
16	5,80	8,21	12,53	15,43	6,57	9,36	12,58	15,81	15,48	15,65	18,22	23,80
17	5,91	8,97	12,64	16,58	7,33	10,18	13,46	17,40	16,36	16,74	18,60	24,13
18	6,07	9,52	13,19	17,73	7,55	10,51	14,12	19,53	16,80	17,13	18,66	24,02
19	6,73	10,01	14,01	19,21	7,88	10,67	14,61	20,52	17,78	18,00	19,86	25,17
20	6,68	10,78	13,73	19,53	8,04	11,00	15,16	21,12	18,38	18,66	19,86	24,95
21	7,22	11,33	14,28	20,96	8,70	11,49	15,76	22,32	18,11	18,11	19,59	24,84
22	7,55	11,98	14,45	21,28	8,92	11,65	15,59	23,15	18,49	19,10	20,08	25,06
23	7,50	12,09	14,55	22,05	8,92	11,55	15,92	23,53	19,31	19,86	20,90	25,22
24	8,04	12,53	15,05	22,65	9,52	11,98	16,09	24,13	20,08	20,41	20,57	24,73
25	8,86	13,30	15,92	23,15	10,01	12,48	16,74	24,57	21,05	20,72	21,82	26,29
26	9,33	14,23	17,02	24,87	10,14	12,76	17,18	26,02	21,49	21,43	22,52	27,11
27	9,49	14,56	17,26	25,14	10,42	12,49	17,51	26,56	22,42	22,25	23,07	27,16
28	9,98	15,05	17,51	25,85	10,64	12,76	17,34	26,56	22,42	22,09	23,56	26,02
29	10,80	15,54	17,94	26,34	10,85	13,42	17,18	26,83	22,69	22,47	23,67	26,56
30	10,91	15,76	18,00	26,29	11,24	13,36	17,18	26,83	22,42	22,36	23,67	26,56
31	11,73	15,71	17,94	26,29	11,62	13,25	17,18	27,00	22,85	21,92	23,67	26,83
32	11,78	16,03	18,11	26,29	11,94	12,98	17,13	27,32	22,74	22,74	24,11	25,69
33	12,82	16,53	18,71	26,78	12,54	13,96	17,45	27,32	23,23	22,52	25,03	26,83
34	13,42	16,36	19,14	27,16	13,36	14,29	17,78	27,32	23,34	22,69	25,31	26,89
35	13,80	16,96	19,31	27,05	13,47	14,56	18,00	27,32	23,45	22,31	25,52	26,67
36	14,18	17,13	19,47	27,65	13,36	15,22	18,33	27,32	24,27	23,62	26,18	27,16
37	14,78	17,51	19,80	27,87	14,62	15,27	18,60	27,65	23,78	22,63	25,91	26,23
38	15,43	17,78	20,12	27,92	15,43	16,36	19,36	28,31	23,67	23,12	26,12	26,72
39	15,87	18,16	20,12	28,36	15,87	16,69	19,47	28,14	25,03	24,05	26,94	27,21
40	16,96	18,49	20,45	28,47	16,47	17,78	21,27	28,41	25,74	24,16	27,60	26,94
41	17,94	19,09	20,67	28,69	17,62	18,65	22,25	28,85	26,07	24,32	27,16	26,29
42	18,38	19,09	21,00	28,31	17,94	19,42	22,74	28,91	25,85	24,05	27,00	25,69
43	19,20	19,63	21,43	28,96	18,16	20,12	24,54	29,12	24,14	23,09	25,55	23,79
44	18,46	18,51	19,92	27,16	17,70	19,56	23,54	27,71	23,89	22,93	25,65	22,93
45	19,21	19,26	20,37	27,36	18,11	20,22	24,29	28,47	23,94	22,78	25,60	22,68
46	22,33	20,82	22,53	27,81	20,27	22,87	27,96	30,43	21,22	21,02	25,15	20,92

<sup>1</sup> Os resultados apresentados representam os valores médios de análises realizadas em triplicata para cada amostra.

## **CAPÍTULO 3**

### **EFEITO DA FERMENTAÇÃO MELHORADA SOBRE A EXPANSÃO E A VISCOSIDADE DO POLVILHO AZEDO**

Trabalho a ser submetido para a Revista "Starch"

Maria Janete Angeloni MARCON, Karina Nunes De SIMAS, Karina SANTOS, Renata Dias de Melo Castanho AMBONI, Edna Regina AMANTE. **Efeito da fermentação melhorada sobre a expansão e a viscosidade do polvilho azedo.** 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

## RESUMO

O polvilho azedo caracteriza-se por apresentar propriedades físicas, químicas e funcionais diferentes do amido nativo que o originou. A propriedade de expansão é uma das características mais relevantes do produto, sendo um parâmetro importante na avaliação do polvilho azedo. Os amidos também podem ser avaliados de acordo com as propriedades viscoamilográficas pois os padrões viscoamilográficos variam com a constituição e organização granular. O presente trabalho determina o efeito da adição de 0,10; 0,25 e 0,50% de glicose, visando diminuir o tempo de fermentação, sobre a expansão e sobre as propriedades viscoamilográficas do polvilho azedo, no processo de produção do mesmo. A expansão foi determinada através da relação entre o diâmetro médio dos biscoitos cozidos e crus, enquanto as propriedades viscoamilográficas foram avaliadas através do viscoamilógrafo Brabender. Ficou determinado que o processo melhorado de produção do polvilho azedo não compromete sua propriedade de expansão, para as concentrações estudadas, mas resulta em amidos com diferentes propriedades viscoamilográficas, comparativamente ao polvilho produzido pelo atual método industrial.

**Palavras chaves:** polvilho azedo, expansão, viscosidade.

Maria Janete Angeloni MARCON, Karina Nunes De SIMAS, Karina SANTOS, Renata Dias de Melo Castanho AMBONI, Edna Regina AMANTE. **EFFECT OF THE TRADITIONAL AND THE IMPROVED FERMENTATIVE PROCESS ON SOUR CASSAVA STARCH QUALITY.** 2004. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Curso de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

### **ABSTRACT**

Sour cassava starch is characterised by presenting physical, chemical and functional properties different from those of the original native starch. The expansion property is one of the most important characteristics of this product and an important parameter to sour cassava starch evaluation. Viscoamilographyc patterns vary according to constitution and granular organisation, so viscoamilographyc properties results consist in an important way to evaluate starches. In this work the effect of glucose addition at 0.10%, 0.25% and 0.50% concentrations on sour cassava starch fermentation was determined, aiming at reducing fermentation time and evaluate expansion and viscoamilographyc properties. Expansion was determined by the ratio between medium cooked and crude biscuits' diameter, while viscoamilographyc properties were evaluated with a Brabender viscoamilograph. It was determined that the improved production process of sour cassava starch did not impair starch expansion properties, but resulted in starches with different amilogaphyc properties when compared to those of the sour cassava starch produced by the current industrial method.

**Key words:** sour cassava starch, expansion, viscosity.

## 1 INTRODUÇÃO

O polvilho azedo é produto típico brasileiro, muito utilizado na culinária como matéria-prima insubstituível na confecção de biscoitos tipo broas e pão de queijo (NAKAMURA et al., 1976; CEREDA, 1983 a, 1983 b, 1985a, 1993, 1987; ASCHERI E VILELA, 1995; CEREDA et al., 1995; PLATA-OVIEDO e CAMARGO, 1995; SILVEIRA et al., 2000; BALAGOPALAN, 2002).

A fécula é extraída da raiz de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) e deixada fermentar por 30 a 60 dias. Após este período é seca ao sol para a obtenção do polvilho azedo. Sua incorporação, sem adição de qualquer farinha, em formulações de biscoitos e pães, produz uma massa com estrutura alveolar e macia, de grande expansão e crosta crocante, quando assada (CÁRDENAS E BUCKLE, 1980; CEREDA, 1983 a, 1983 b, 1985a, 1987; PLATA-OVIEDO e CAMARGO, 1995; SILVEIRA et al., 2000; BALAGOPALAN, 2002).

Muitas pesquisas afirmam que o processo fermentativo altera o grânulo de amido, conferindo ao polvilho azedo características peculiares, como aroma e sabor típicos, e modificações na sua reologia (NAKAMURA, 1976; CARVALHO et al., 1996; CEREDA, 1983 a, 1983c; PEREIRA et al., 1999 e MAEDA e CEREDA, 2001; GUYOT e MORLON-GUYOT, 2001).

Além disso, estudos comprovaram que o polvilho azedo apresenta características físicas, químicas e funcionais bem distintas da fécula da qual se originou. Um exemplo disso é que a substituição do polvilho azedo por fécula, na elaboração de biscoitos, diminuiu significativamente o volume dos mesmos (CEREDA e CATÂNEO, 1986; MENDES da SILVA et al., 1998; PLATA-OVIEDO e CAMARGO, 1995; MAEDA e CEREDA, 2001).

Os pesquisadores são unânimes em afirmar que a fermentação e secagem ao sol alteram a reologia do amido, pois, além de aumentar o poder de expansão em relação a fécula da qual originou, diminui a viscosidade e temperatura inicial de pasta, a resistência à agitação e a tendência à gelificação durante o resfriamento.

A propriedade de expansão é uma das características mais relevantes do produto, considerando que o biscoito é comercializado por volume, constituindo um parâmetro importante para avaliar a qualidade do polvilho azedo (CEREDA e CATÂNEO, 1986; CEREDA, 1993; RIVERA, 1997; MAEDA e CEREDA, 2001).

Maeda e Cereda (2001) sugerem uma classificação para avaliar a qualidade do polvilho azedo: tipo A – polvilhos azedos com índice de expansão superior a 16,0 mL/g, tipo B – entre 12,0 e 16,0 mL/g e tipo C – índice menor que 12,0 mL/g. Enquanto Pereira et al. (1999) indicam o índice de expansão como uma relação entre os diâmetros antes e após o cozimento.

Através do presente trabalho foi avaliado o efeito da fermentação melhorada na produção do polvilho azedo sobre a expansão e viscosidade do produto.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFSC, no Laboratório de Frutas e Hortaliças.

### 2.1 Amostras

Amostras de fécula de mandioca, polvilho azedo industrial e polvilho obtido pelo método melhorado de Marcon et al. (2004), procedentes de três regiões do Estado de Santa Catarina: Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul, identificadas conforme ilustrado na Tabela 1, foram utilizadas para a determinação das propriedades de expansão, densidade e propriedades viscoamilográficas.

### 2.2 Métodos

#### 2.2.1 Composição Centesimal

Foram realizadas análises de umidade (AOAC 921.10, 1999), cinzas (AOAC 923.03, 1999), lipídios (AOAC 920.39, 1999), proteínas (AOAC 920.87, 1999).

#### 2.2.2 Índice de Expansão

As determinações de expansão seguiram o procedimento proposto pelo CERAT – Centro de Raízes Tropicais (MAEDA e CEREDA, 2001) através de formulação proposta por Nunes e Cereda (1994).

Foi pesado 50 g de amostra e adicionado 40 mL de água fervente. A massa foi modelada, sendo confeccionados 5 biscoitos redondos de aproximadamente 10 g cada. Foram distribuídos em assadeira e levados ao forno elétrico termoestatizado, marca Fischer, modelo Diplomata, automático à temperatura de 200° C, por 25 minutos.

Os biscoitos foram medidos com o uso do paquímetro, através da medida do diâmetro médio, antes e após o cozimento.

O índice de expansão foi calculado através da relação entre o diâmetro médio final (após assado) e o diâmetro médio inicial (antes de assado).

**Tabela 1 Identificação das amostras de fécula de mandioca, polvilho azedo industrial e modificado pela adição de glicose, procedentes de três regiões do Estado de Santa Catarina: Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul.**

<b>Amostras</b>	<b>Discriminação</b>
RS F	Fécula de Rio do Sul
RS P	Polvilho azedo Rio do Sul (Industrial)
RS TD	Polvilho azedo tradicional a partir da fécula de Rio do Sul *
RS 0,10	Polvilho azedo com a adição de 0,10% de glicose a partir da Fécula de Rio do Sul*
RS 0,25	Polvilho azedo com a adição de 0,25% de glicose a partir da fécula de Rio do Sul*
RS 0,50	Polvilho azedo com a adição de 0,50% de glicose a partir da fécula de Rio do Sul*
TB F	Fécula de Tubarão
TB P	Polvilho azedo de Tubarão (Industrial)
TB TD	Polvilho azedo tradicional a partir da fécula de Tubarão*
TB 0,10	Polvilho azedo com a adição de 0,10% de glicose a partir da fécula de Tubarão*
TB 0,25	Polvilho azedo com a adição de 0,25% de glicose a partir da fécula de Tubarão*
TB 0,50	Polvilho azedo com a adição de 0,50% de glicose a partir da fécula de Tubarão*
SR F	Fécula de Santa Rosa do Sul
SR P	Polvilho azedo de Santa Rosa do Sul (Industrial)
SR TD	Polvilho azedo tradicional a partir da fécula de Santa Rosa do Sul*
SR 0,10	Polvilho azedo com a adição de 0,10% de glicose a partir da fécula de Santa Rosa do Sul*
SR 0,25	Polvilho azedo com a adição de 0,25% de glicose a partir da fécula de Santa Rosa do Sul*
SR 0,50	Polvilho azedo com a adição de 0,50% de glicose a partir da fécula de Santa Rosa do Sul*

\* Elaborados em bancada.

### 2.2.3 Densidade

Os biscoitos confeccionados para análise de expansão foram utilizados para análise de densidade (ASCHERI e VILELA, 1995; PEREIRA et al., 1999).

Os biscoitos depois de frios, foram avaliados quanto à densidade pelo método de deslocamento das sementes (CEREDA, 1983a) em que foram utilizadas sementes de painço. O resultado foi avaliado pelo valor do deslocamento do painço, em proveta de 2000 mL.

#### 2.2.4 Propriedades viscoamilográficas

As propriedades viscoamilográficas dos polvilhos obtidos foram determinadas em viscoamilógrafo Brabender, da Empresa Agro Comercial Cassava SA, em Rio do Sul, Santa Catarina.

As amostras foram suspensas em água, na concentração de 6% em base peso seco, colocadas no aparelho que foi aquecido até 92°C, mantidas nesta temperatura por 10 minutos e então submetidas a resfriamento até a temperatura de 55°C, obedecendo a taxa de aquecimento e de resfriamento de 1,5°C/min (MAZURS et al., 1957).

Foram observados os pontos de gel, pico de viscosidade máxima, viscosidade a 80°C, viscosidade a 92°C, viscosidade a 92°C + 10 min e viscosidade a 55°C, de cada amostra.

Todos os amilogramas foram conduzidos em duplicata.

#### 2.2.5 Fator ácido e pH

Consiste na pesagem de 25 g da amostra em Becker de 100 mL, adição posterior de água destilada até volume de 50 mL, homogeneização da amostra com agitador magnético e a medição do pH foi feita em pHmetro Quimis modelo Q 400 A.

A solução foi titulada com HCl 0,1 N, até o pH atingir o valor 3,0, o volume de ácido clorídrico gasto corresponde ao fator ácido (CONCEX – Conselho de Comércio Exterior, 1971).

#### 2.3 Análise estatística

Os tratamentos foram comparados através de Análise de Variância e testes de comparação entre médias, pelo Teste de Tukey com 5% de significância utilizando o software Statistical 6.0.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O polvilho azedo tem como principal propriedade a expansão, a qual segundo Ascheri e Vilela (1995) e Maeda e Cereda (2001), constitui um parâmetro para se verificar a qualidade do processo fermentativo.

A principal preocupação em propor o emprego do método melhorado, com a adição de glicose, estudado por Marcon et al. (2004), seria o efeito deste método sobre a propriedade de expansão.

Por isso foram comparados os polvilhos azedos produzidos pelas empresas de Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul, com os produzidos em bancada (laboratório) nos diferentes tratamentos (tradicional, 0,10%; 0,25% e 0,50% de glicose).

A Tabela 2 indica que os tratamentos propostos não comprometem a expansão e a densidade dos biscoitos produzidos com polvilho azedo obtido pelo método melhorado em todas as concentrações de glicose empregadas. Não foi encontrada diferença estatisticamente significativa para o índice de expansão dos produtos obtidos pelo método melhorado, tradicional e o industrial, de todas as origens estudadas ( $p < 0,05$ ). Portanto, o processo proposto para melhoria da fermentação do polvilho azedo não compromete a principal propriedade do produto.

A análise do índice de expansão demonstrou que a fécula de Santa Rosa do Sul não difere estatisticamente dos polvilhos obtidos daquela região, indicando um comportamento característico diferente das féculas de Rio do Sul e Tubarão. Entretanto, quanto à densidade, o comportamento da fécula de Santa Rosa foi típico, apresentando comportamento estatisticamente diferente dos polvilhos desta região.

Outra característica importante dos produtos de Santa Rosa comparativamente ao das outras regiões, está no valor da expansão. Foram registrados os menores índices de expansão entre os produtos estudados.

**Tabela 2 Efeito sobre a expansão e densidade do polvilho azedo obtido pela fermentação melhorada com a adição de diferentes concentrações de glicose.**

Origem	Tratamentos	Índice de expansão	Densidade (g/ml)
Rio do Sul	RS F	1,46a	0,30a
	RS P	2,19b	0,10b
	RS TD	2,22b	0,09b
	RS 0,10	2,19b	0,09b
	RS 0,25	2,20b	0,09b
	RS 0,50	2,25b	0,11b
Tubarão	TB F	1,40a	0,32a
	TB P	2,08b	0,10b
	TB TD	2,09b	0,13b
	TB 0,10	2,12b	0,11b
	TB 0,25	2,12b	0,10b
	TB 0,50	2,18b	0,09b
Santa Rosa	SR F	0,89a	0,35a
	SR P	1,09a	0,10b
	SR TD	1,14a	0,09b
	SR 0,10	1,14a	0,10b
	SR 0,25	1,12a	0,11b
	SR 0,50	1,36a	0,10b

Valores seguidos da mesma letra, entre linhas e para a mesma origem, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste Tukey ( $p < 0,05$ ).

A Figura 1 apresenta a ilustração dos biscoitos obtidos a partir dos tratamentos estudados.

O comportamento diferenciado entre Santa Rosa do Sul e as demais regiões comprova as variações entre procedências, já observadas por Cereda e Lima, 1981; Cereda, 1983; Cereda e Bonassi, 1985; Cereda e Giaj-Levra, 1987; Cereda, 1993; Ascheri e Vilela, 1995. Este comportamento é atribuído a diferentes propriedades intrínsecas do amido, associadas à geração de novos compostos durante a fermentação, com possível influência sobre o desempenho da expansão do produto.

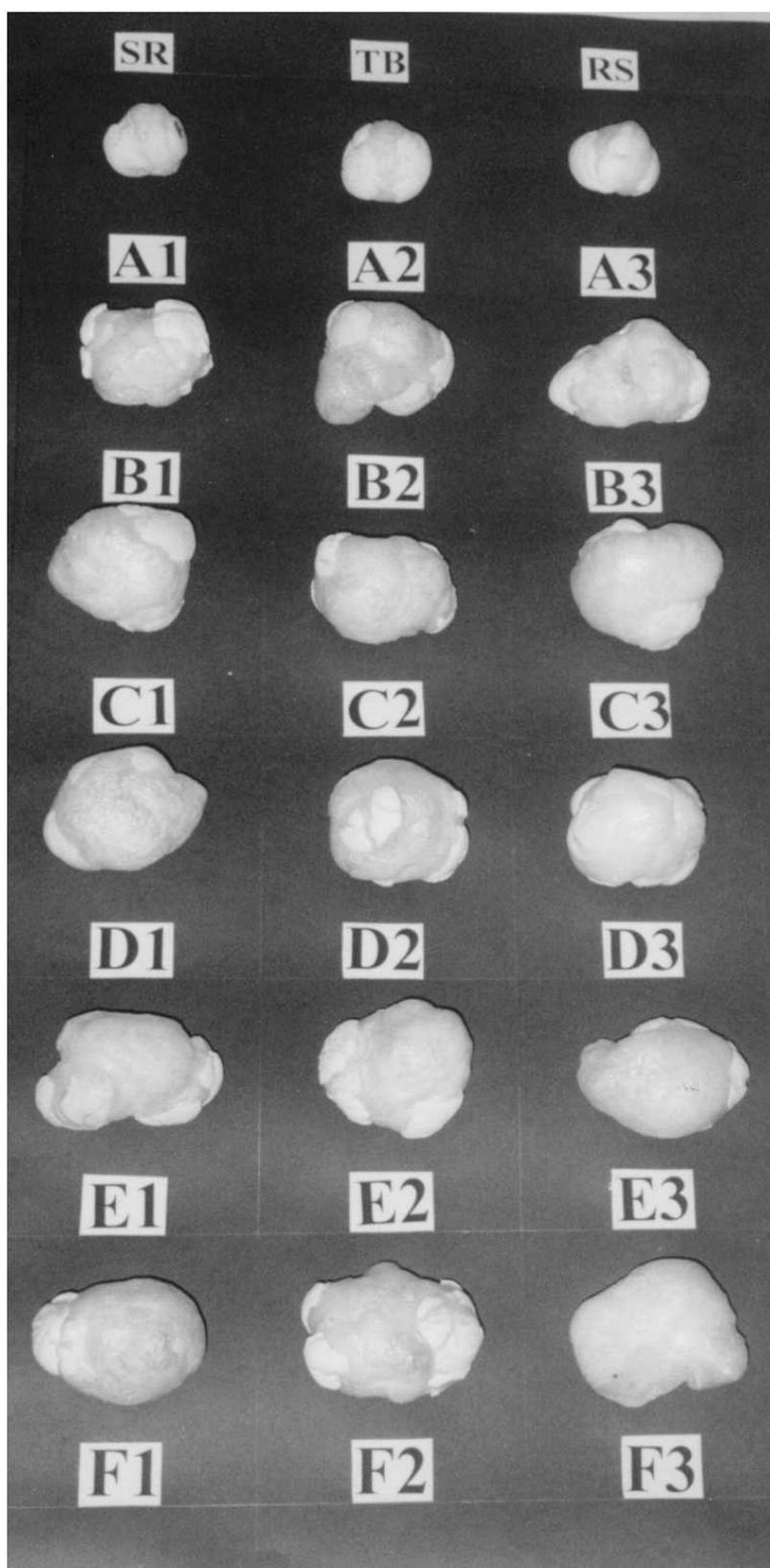


Figura 1 Expansão da fécula, do polvilho azedo industrial e do polvilho azedo produzido pelo método melhorado (A, B, C, D, E, F: amostras de fécula, polvilho industrial, tradicional, 0,10%, 0,25% e 0,50% de glicose respectivamente; das regiões de Rio do Sul -1 ,de Tubarão - 2 e de Santa Rosa do Sul - 3).

Existem divergências quanto à forma de avaliação da expansão do polvilho azedo. Alguns autores referem-se à densidade; outros a volume específico e outros a índice de expansão, resultando em dados conflitantes quanto aos parâmetros de expansão considerados ideais (CÁRDENAS e BUCKLE, 1980; ASCHERI e VILELA, 1995; PLATA-OVIEDO e CAMARGO, 1995; PEREIRA et al., 1999 e MAEDA e CEREDA, 2001).

Considerando que a avaliação do índice de expansão, no presente trabalho, foi a mesma praticada por Pereira et al. (1999), os valores obtidos para índice de expansão para os produtos de Santa Rosa foram inferiores às demais procedências e aos obtidos pelos autores.

As propriedades dos grânulos de amido podem ser estimadas através das curvas de viscosidade, nas quais também podem ser registrados os efeitos da fermentação sobre a viscosidade.

As propriedades viscoamilográficas do amido sofrem modificações devido ao processo fermentativo. Estas respostas na viscosidade orientam as aplicações do amido e seus derivados (AMANTE, 1986). Nakamura et al., 1976; Ascheri e Vilela, 1995; Pereira et al. (1999) confirmaram que a viscosidade e estabilidade à agitação do polvilho é menor que a da fécula e que a capacidade de retrogradação é praticamente nula para o polvilho. Os resultados ilustrados na Tabela 3 confirmam estas propriedades.

Os efeitos da fermentação sobre a viscosidade do amido são atribuídos à ação dos ácidos oriundos do processo fermentativo, que resultam na redução da viscosidade (NAKAMURA et al., 1976; PLATA-OVIEDO e CAMARGO, 1995; CEREDA e LIMA, 1981; ASCHERI E VILELA, 1995; CÁRDENAS e BUCKLE, 1980; CARVALHO et al., 1996; PEREIRA et al., 1999; MAEDA e CEREDA, 2001).

Os resultados apresentados no presente trabalho ilustram o comportamento típico das féculas de todas as procedências, com o maior pico de viscosidade máxima, comparativamente a todos os amidos fermentados, semelhantes aos resultados obtidos pelos autores citados.

De maneira geral, a viscosidade dos polvilhos obtidos foi superior a todos os polvilhos industriais. Uma possível explicação seria o tempo de fermentação, pois o polvilho da indústria possui maior tempo de residência em fermentação do que os polvilhos obtidos em bancada, o que pode resultar no enfraquecimento dos grânulos e a conseqüente redução da viscosidade.

**Tabela 3 Propriedades viscoamilográficas da fécula de mandioca, do polvilho azedo industrial e do polvilho obtido pelo método melhorado.**

Origem	Tratamentos	Ponto de gel (°C)	Pico de viscosidade máxima (UB)	Viscosidade			
				a 80 °C (UB)	Viscosidade a 92 °C (UB)	Viscosidade a 92 °C + 10 min. (UB)	Viscosidade no resfriamento (UB)
Rio do Sul	RS F	60,0	700	700	430	310	390
	RS P	60,0	340	340	110	90	90
	RS TD	60,7	570	570	320	240	240
	RS 0,10	60,5	480	480	380	240	230
	RS 0,25	60,7	500	500	260	220	220
	RS 0,50	61,0	520	520	300	220	200
	Tubarão	TB F	61,5	720	590	380	280
TB P		63,3	300	200	140	120	140
TB TD		62,0	520	430	300	220	260
TB 0,10		62,0	490	400	270	210	240
TB 0,25		62,0	510	420	280	210	250
TB 0,50		62,0	550	440	280	210	240
Santa Rosa		SR F	60,5	780	620	410	320
	SR P	61,0	390	200	140	100	100
	SR TD	61,0	540	480	370	280	270
	SR 0,10	61,0	550	460	370	300	270
	SR 0,25	61,0	510	440	340	280	280
	SR 0,50	61,0	540	480	360	280	280

Porém, pode ser observado que as diferenças na viscosidade não comprometem o desempenho do polvilho azedo quanto à expansão atingida, em todas as amostras.

O comportamento dos produtos de Santa Rosa do Sul, quanto ao índice de expansão, não se repete com respeito às propriedades viscoamilográficas.

Embora os polvilhos da indústria apresentem os menores picos de viscosidade máxima, isto não compromete o desempenho da expansão. Portanto, esta propriedade que caracteriza o polvilho azedo pode estar mais relacionada à geração de compostos formadores de rede oriundos da fermentação ou secagem ao sol, independentemente do desempenho viscoamilográfico do amido propriamente dito.

Quanto às propriedades viscoamilográficas, o ponto de gel se situa entre 60 e 62°C, com exceção de TBP que foi de 63,3°C. As féculas apresentaram os

maiores picos de viscosidade máxima e maior estabilidade a agitação, enquanto todas as amostras de polvilho azedo apresentaram menor viscosidade no resfriamento comparativamente às féculas. Segundo Rosenthal et al., apud Cereda (1993) o aumento da viscosidade ao resfriamento deve-se a retrogradação. A tendência a retrogradação e a resistência a agitação foram menores nos polvilhos estudados comparativamente às féculas.

Através dos amilogramas verificou-se que a fermentação alterou o comportamento reológico dos amidos de mandioca através da redução da viscosidade máxima, o que está de acordo com a literatura (ASCHERI e VILELA, 1995).

Com o intuito de verificar a influência do método modificado de fermentação sobre a composição, foram feitas análises de umidade, proteínas, material mineral (cinzas) e extrato etéreo (Tabela 4).

**Tabela 4 - Composição centesimal das amostras de fécula de mandioca, do polvilho azedo industrial e dos polvilhos azedos obtido pelo método melhorado.**

Origem	Tratamentos	Umidade (g/100g)	Cinzas* (g/100g)	Proteína* (g/100g)	Extrato etéreo* (g/100g)	Fator ácido (mL HCl)	pH
Rio do Sul	RS F	14,07a	0,13a	0,09a	0,20a	3,75a	5,98a
	RS P	14,75a	0,15a	0,12a	0,21a	3,57a	3,77b
	RS TD	18,41b	0,15a	0,11a	0,17a	1,44b	4,05c
	RS 0,10	19,05b	0,12a	0,11a	0,16a	1,63b	4,13c
	RS 0,25	18,71b	0,11a	0,11a	0,19a	1,66b	4,05c
	RS 0,50	19,41b	0,14a	0,12a	0,22a	1,71b	4,03bc
Tubarão	TB F	13,03a	0,11a	0,08a	0,14a	1,78a	4,82a
	TB P	13,68a	0,11a	0,14bc	0,22b	3,25b	3,87b
	TB TD	18,28b	0,16ab	0,15b	0,20bc	2,84a	4,58a
	TB 0,10	16,88c	0,17b	0,12c	0,18c	1,47a	3,99b
	TB 0,25	17,60bc	0,13ab	0,14bc	0,18c	1,72a	4,27ab
	TB 0,50	17,56bc	0,14ab	0,14bc	0,19c	1,52a	3,93b
Santa Rosa	SR F	12,99a	0,16a	0,10a	0,17a	2,12a	5,07a
	SR P	14,15b	0,14a	0,10a	0,18a	4,02b	4,27b
	SR TD	16,02c	0,14a	0,11a	0,19a	2,16a	4,12c
	SR 0,10	15,56c	0,13a	0,09a	0,21a	2,06a	4,14c
	SR 0,25	16,16c	0,15a	0,12a	0,19a	1,71c	4,09c
	SR 0,50	15,86c	0,15a	0,14a	0,18a	1,78c	4,15bc

\* Base peso seco

Valores seguidos da mesma letra, entre linhas, e para uma mesma região de origem, não diferem entre si pelo Teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

As condições de secagem ao sol, empregadas para as amostras obtidas em laboratório, resultaram em amostras com umidades significativamente superiores às dos polvilhos industriais.

Cereda (1983, 1985); Aschieri e Vilela (1995) encontraram valores para umidade que variam de 7,70 a 17,30%, isto devido à forma empírica de observação do ponto de secagem, o qual depende da prática do operador. Das amostras deste trabalho 6,92% apresentam valores dentro dos limites máximos estabelecidos para polvilho, que é de até 14% de umidade (BRASIL,1978).

Quanto ao teor de cinzas observou-se que todas as amostras apresentam valores inferiores ao limite máximo permitido pela legislação que é de 0,50% (BRASIL,1978). De acordo com CONCEX (1971) apenas 4 das amostras seriam do tipo 1 ou A, pois para tipo A o teor de cinzas é de 0,12% e para tipo 2 ou B, é de 0,50%. Cárdenas e Buckle (1980), Cereda (1985, 1995), Aschieri e Vilela (1995) e Plata-Oviedo (1995), encontraram valores para cinzas que variaram de 0,05 até 0,54% e sugeriram que isto se deve a sujidades oriundas na secagem.

O teor de cinzas esteve estatisticamente semelhante nas amostras de Rio do Sul e Santa Rosa do Sul, diferindo nas de Tubarão, com teores de cinzas superiores para todas as amostras obtidas.

Os produtos obtidos de Rio do Sul e de Santa Rosa do Sul não apresentaram diferença significativa quanto ao teor protéico e extrato etéreo, comparativamente às respectivas féculas e polvilho azedo industrial. Apenas as amostras de Tubarão apresentaram acréscimo significativo ( $p < 0,05$ ) de proteína após a fermentação, dentre às demais origens.

Nakamura et al.(1976); Cereda e Lima (1981); Plata-Oviedo e Camargo (1995); Aschieri e Vilela (1995) citam valores para proteína de 0,60 a 1,83% em polvilho azedo, enquanto Cárdenas e Buckle (1980); Pereira et al.(1999) encontraram valores em torno de 0,10%. Quanto ao extrato etéreo, os valores obtidos foram semelhantes aos encontrados por Pereira et al.(1999) e superiores aos encontrados por Cereda (1983a) e Aschieri e Vilela (1995).

O fator ácido é um parâmetro prático muito empregado pela indústria de amido de mandioca. Ele está diretamente relacionado com a limpeza do amido, ou seja, quanto mais “lavado”, menor o fator ácido. O resultados indicam o maior fator ácido para os polvilhos industriais comparativamente aos obtidos no presente trabalho, não havendo comprometimento no desempenho do produto.

Todos os produtos apresentaram valores menores para o fator ácido que os limites estabelecidos pelo CONCEX (1971) que é de 4,5 mL para polvilho tipo A1 ou A (SILVEIRA e CEREDA, 1987).

O processo fermentativo industrial é realizado com menor volume de água, sendo encontrados tanques de fermentação sem a lâmina de água sobrenadante, indicada para a fermentação do polvilho azedo. Este fato pode auxiliar na justificativa para os menores valores do fator ácido obtidos neste trabalho, pois a fermentação ocorreu com a lâmina de água em todas as amostras, diluindo os ácidos orgânicos presentes nos polvilhos obtidos.

As diferentes concentrações de glicose adicionadas não influenciaram no valor final do pH para os produtos de Santa Rosa do Sul e Rio do Sul, mas influenciaram nos produtos de Tubarão, o que pode estar relacionado com a natureza do grânulo, produção de ácidos e retenção dos mesmos pela conformação dos grânulos.

Os polvilhos apresentaram pH característicos de féculas fermentadas em decorrência do abaixamento do pH. Antes da fermentação as féculas apresentavam pH de 4,82; 5,07 e 5,98, estando de acordo com a literatura, a qual relata que, durante a fermentação ocorre uma redução do pH com liberação de compostos aromáticos e ácidos orgânicos (CEREDA e LIMA, 1981; ASCHIERI e VILELA, 1995; PLATA-OVIEDO e CAMARGO, 1995; PEREIRA et al., 1999; DEMIATE et al., 1999).

A literatura e as informações práticas indicam que a redução característica do pH, o aumento da acidez do produto e a redução da viscosidade são parâmetros inversamente proporcionais à expansão, e são por si só a própria característica do polvilho azedo.

A fermentação do polvilho azedo origina um produto com propriedades de expansão que possibilita a utilização do mesmo sem a necessidade do uso de fermento ou outro tipo de farinha.

Segundo Demiate et al. (2000), a expansão é atribuída a degradações oxidativas do grânulo pela radiação ultravioleta durante a secagem ao sol, no entanto não existem provas químicas evidentes sobre a natureza dos polímeros que compõem a rede responsável pela expansão do amido.

## 4 CONCLUSÕES

O processo melhorado de produção do polvilho azedo pela adição de glicose, não influenciou no desempenho da expansão dos produtos.

A viscosidade do polvilho azedo, obtido pelo método melhorado foi superior a dos polvilhos industriais, não comprometendo a expansão, sendo que esta última não esteve diretamente relacionada com a viscosidade, com o pH ou o fator ácido.

O polvilho azedo obtido pelo método melhorado apresentou diferenças no comportamento viscoamilográfico segundo a procedência da matéria-prima.

O processo melhorado manteve todas as características esperadas para o polvilho azedo tradicional com a vantagem de redução de cerca de 50% no seu tempo de produção.

A expansão ocorre sem adição de fermento, sendo o polvilho azedo indicado para formulações sem glúten.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMANTE, E.R. **Caracterização de amidos de variedades de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) e de Batata-doce (*Ipomoea batatas*)**. Dissertação de mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos. Viçosa. Minas Gerais. 1986.

ASCHERI, D.P.R.; VILELA, E.R. Alterações do polvilho da mandioca pela fermentação, no fabrico de biscoitos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. V.30, n.2, p.269-279. 1995.

AOAC – OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF AOAC International. 16 th ed., Gaithersburg: Ed. AOAC International, 1999.

BALAGOPALAN, C. Cassava utilization in food, feed and industry. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. Chapter 15, p. 301-318. CAB International. 2002.

BRASIL, **Norma de Identidade, qualidade, apresentação, embalagem, armazenamento e transporte da farinha de mandioca**. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária. Portaria n. 554, Brasília, 30 de agosto de 1995.

BRASIL. **Leis, decretos, etc. Decreto nº 12.486. 20 de outubro de 1978. Normas Técnicas Especiais relativas a Alimentos e Bebidas. D.O. do Estado de São Paulo. 21 de outubro. 1978. p. 3-25.**

CÁRDENAS, O.S.; BUCKLE, T.S. Sour cassava starch production: a preliminary study. **Journal of Food Science**. V.45, p.1509-1512. 1980.

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

CEREDA, M.P.; LIMA, U.A. Aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. II- Controle das fermentações realizadas em laboratório. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.15, p.107-122. 1981.

CEREDA, M.P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). II - Ensaios de absorção de água. **Boletim da**

**Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas. V.17, n.3, p.297-304. 1983 .

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

CEREDA, M. P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). I - Formulação e preparo de biscoitos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas. V.17, n.3, p.287-295. 1983 b.

CEREDA, M.P.;BONASSI, I.A. Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). III- Ácidos orgânicos e absorção de água. **Revista Brasileira de Mandioca.** Cruz das Almas. V.III,n.2, p.21-30. 1985.

CEREDA, M.P. Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). II- Características físico-químicas e absorção de água. **Revista Brasileira de Mandioca.** Cruz das Almas. V.III, n.2, p.15-20. 1985 a.

CEREDA, M.P.; CATANEO, A. Avaliação de parâmetros de qualidade da fécula fermentada de mandioca. **Revista Brasileira de Mandioca.** Cruz das Almas. V.5, n.1, p.55-62. 1986.

CEREDA, M.P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. **Informe Agropecuário.** Belo Horizonte. V.13, n.145, p.63-68, 1987.

CEREDA, M. P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). Formulação e preparo de biscoitos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas, SP. V. 17, n. 3, p. 287 – 295, jul./set. 1993.

CEREDA, M.P.; NUNES, O.L.G.; VILPOUX, O. Tecnologia da produção de polvilho azedo. Botucatu. Centro de Raízes Tropicais (CERAT). Universidade Estadual Paulista. 1995.

DEMIATE, I.M.; BARANA, A.C.; CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Organic acid profile of commercial sour cassava starch. **Ciência e Tecnologia de Alimentos.** Campinas. V.19, n.1. 1999.

DEMIATE, I.M.; DUPUY, N.; HUVENNE, J.P.; CEREDA, M.P.; WOSIACKI, G. Relationship between banking behavior of modified cassava starches and starch chemical structure determined by FTIR spectroscopy. **Carbohydrate Polymers**. V.42, p.149-158. 2000.

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

MAEDA, K.C.; CEREDA, M.P. Avaliação de duas metodologias de expansão ao forno do polvilho azedo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.21,n.2,p.139-143. 2001.

MARCON, M.J.A.; COSTA, L.A.; VIEIRA, M.A.; AMANTE, E.R. Improving the cassava starch sour processing. **International Congress of Engineering Food**, march 05 – 11, 2004. Proceeding of.....

MAZURS, E. G.; SCHOCH, T. J.; KITE, F. E. Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of various starches. **Cereal Chemistry**. V. 34, n. 3, p. 141 – 152, 1957.

MENDES DA SILVA, C.E.; FAÇANHA, S.H.F.; GOMES DA SILVA, M.G. Efeito do teor de água, amilose, amilopectina e grau de gelatinização no crescimento do biscoito de amido de mandioca obtido por fermentação natural. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.18, n.1, p.60-62. 1998.

NAKAMURA, I. M.; MORAES, I.O.; MARTUCCI, E.T. Considerações sobre tecnologia da fécula de mandioca fermentada: produção, propriedades físico-químicas e aplicações. **Científica**. V.4, p.196-202, 1976.

PEREIRA, J. CIACCO; C.F.; VILELA, E.R.; TEXEIRA, L.S. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.19, n.2, p.287-293. 1999.

PLATA-OVIEDO, M.;CAMARGO, C.R.O. Determinação de propriedades físico-químicas e funcionais de duas féculas fermentadas de mandioca (polvilho azedo). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V.15, n.1, p.59-65. 1995.

RIVEIRA, H.H.P. Fermentação de amido de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz): avaliação e caracterização do polvilho azedo. Tese de doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos. Viçosa. 1997.

SILVEIRA, I.A.; CARVALHO, E.P.; SCHWAN, R.I.; PILON, L. Aspectos gerais e microbiológicos da fermentação de fécula de mandioca para a produção de polvilho azedo. **Higiene Alimentar**. V.14, n.68/69, p.26-31. 2000.

SILVEIRA, S.B.; CEREDA, M.P. A fécula de mandioca (polvilho doce): Padrões e qualidade para mercado interno e exportação. **Revista Brasileira da Mandioca**. Botucatu, São Paulo. 1987.

## **CAPÍTULO 4**

### **EFEITOS DA FERMENTAÇÃO MELHORADA SOBRE A MICROESTRUTURA DO POLVILHO AZEDO**

Trabalho a ser submetido a Revista "Food Texture"

Maria Janete Angeloni MARCON, Edna Regina AMANTE. **Efeitos da fermentação melhorada sobre a microestrutura do polvilho azedo.** 2004 (Dissertação de Mestrado em Ciência dos Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis)

## RESUMO

A microscopia constitui-se em importante aliado para a caracterização de amidos, uma vez que os mesmos possuem formas características segundo a sua origem. Os amidos granulares de mandioca são predominantemente arredondados, cupuliformes e sacciformes enquanto os amidos fermentados são observados com perfurações e porosidades em sua microestrutura. Este trabalho tem por objetivo observar os efeitos do processo melhorado de produção do polvilho azedo sobre a microestrutura dos grânulos, comparativamente aos amidos fermentados industriais de três municípios representantes das regiões produtoras do Estado de Santa Catarina: Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul. As micrografias foram feitas com o uso do microscópio eletrônico de varredura, com ampliação de 2000X. Foi possível observar as características do amido granular de mandioca e os danos provocados pela fermentação dos mesmos de forma diferenciada. Os amidos fermentados pelo método tradicional apresentaram poucos danos, comparativamente ao fermentado industrial. Os grânulos de amido provenientes da região de Tubarão, fermentados com 0,10% de glicose, tiveram comportamento similar ao tradicional, ao passo que os de Rio do Sul e Santa Rosa do Sul, com o mesmo tratamento, apresentaram porosidades. Os amidos fermentados com 0,25% de glicose apresentaram os efeitos da fermentação e os com 0,50% foram os que desenvolveram os melhores efeitos. Todos os tratamentos da metodologia melhorada não excederam a 46 dias de fermentação, enquanto o industrial foi obtido entre 60 a 90 dias, o que representa importante vantagem para o método proposto.

**Palavras chaves:** amido, microscopia, grânulo, fermentação.

Maria Janete Angeloni MARCON, Edna Regina AMANTE. **EFFECT OF THE IMPROVED FERMENTATION PROCESS ON SOUR CASSAVA STARCH MICROSTRUCTURE**. 2004 (Dissertação de Mestrado em Ciência dos Alimentos, Programa de Pós-Graduação em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis)

### **ABSTRACT**

Microscopy constitutes an important aid to starch characterisation, due to their having characteristic forms according to origin. Native cassava starches are predominantly spherical and reniforms, while in fermented starches perforations and porosity in their microstructure are observed. This work intends to observe the effect of the improved production process of sour cassava starch on granule structure, comparing it with the industrial sour cassava starch from three producers regions / cities in Santa Catarina State: Rio do Sul, Tubarão and Santa Rosa do Sul. Images were obtained with the aid of a scanning electronic microscope, with a 2000X amplification. Native cassava starch granules characteristics and damages produced by the different fermentation treatments could be observed. Starches fermented by the traditional method presented little damage to granules when compared to the industrial fermented product. Starch granules from Tubarão region fermented with 0.10 % glucose, had a similar behaviour to the traditional process, while Rio do Sul and Santa Rosa do Sul regions' starches presented granules with porosity. Starches fermented with 0.25 % glucose presented the effect of fermentation and the best effect was verified at 0.50 % of glucose fermentation. All treatments did not exceed 46 days while the industrial fermentation process took around 60 to 90 days, which represents an important advantage to the improved method studied.

**Key words:** starch, granule, microscopy, fermentation.

## 1 INTRODUÇÃO

A fécula de mandioca é um produto rico em carboidratos obtido da raiz de mandioca (*Manihot esculenta*, Crantz) após extração, lavagem, purificação e secagem (CEREDA, 1983, 1985; VILELA e FERREIRA, 1987; SILVEIRA et al., 2000; LEONEL e CEREDA, 2000).

A fécula, ao passar por um processo fermentativo, é modificada pela ação de enzimas amilolíticas e ácidos orgânicos produzidos por microrganismos da microbiota natural do ambiente, sendo chamada de polvilho azedo (PEREIRA et al., 1999; DEMIATE et al., 1999).

O polvilho azedo é usado como matéria-prima essencial na confecção de biscoitos e pão de queijo, produtos típicos da culinária brasileira (NAKAMURA et al., 1976; CEREDA, 1983 a, 1983 b, 1985; ASCHIERI e VILELA, 1995; CEREDA et al., 1995; PLATA–OVIDO e CAMARGO, 1995; BALGOPALAN, 2002).

Diversos autores afirmam que o polvilho azedo é um amido que sofre modificação ácida e enzimática. O ataque ácido é evidenciado pela grande produção de diversos ácidos orgânicos tais como: ácido láctico, ácido acético, ácido butírico, ácido propiônico, entre outros. A ação enzimática é observada por pequenas perfurações e rachaduras em alguns grânulos do amido do polvilho azedo, através de microscopia eletrônica (CÁRDENAS e BUCKLE, 1980; CEREDA et al., 1995; PLATA–OVIDO, 1995).

Estudos confirmaram a presença de uma flora diversificada de bactérias, fungos e leveduras, citando especialmente as ALAB (bactérias ácido láctica amilolíticas) como dominantes da microbiota natural, responsáveis pela fermentação do polvilho azedo através do ataque de suas enzimas amilolíticas sobre os grânulos do amido, transformando-os em substrato (CEREDA, 1987; CEREDA et al., 1995; CARVALHO et al., 1996; SILVEIRA et al., 2000; AMPE et al., 2001; GUYOT et al., 2001 e SANNI et al. 2002).

Este trabalho tem como objetivo observar os efeitos do processo melhorado de produção do polvilho azedo sobre a microestrutura dos grânulos, comparativamente aos amidos fermentados industriais de três municípios representantes das regiões produtoras do Estado de Santa Catarina: Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido no Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da UFSC, no Laboratório de Tecnologia de Frutas e Hortaliças.

### 2.1 Amostras

Amostras de fécula de mandioca, polvilho azedo industrial e polvilho obtido pelo método melhorado por Marcon et al. (2004), procedentes de três regiões do Estado de Santa Catarina: Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul, identificadas conforme ilustrado na Tabela 1 foram utilizadas para a microscopia eletrônica de varredura (SEM).

**Tabela 1 Identificação das amostras de fécula de mandioca, polvilho azedo industrial e dos polvilhos obtidos pelo método melhorado por Marcon et al. (2004) procedentes de três regiões do Estado de Santa Catarina: Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul.**

Amostras	Discriminação
RS F	Fécula de Rio do Sul
RS P	Polvilho azedo Rio do Sul (Industrial)
RS TD	Polvilho azedo tradicional a partir da fécula de Rio do Sul*
RS 0,10	Polvilho azedo com a adição de 0,10% de glicose a partir da fécula de Rio do Sul*
RS 0,25	Polvilho azedo com a adição de 0,25% de glicose a partir da fécula de Rio do Sul*
RS 0,50	Polvilho azedo com a adição de 0,50% de glicose a partir da fécula de Rio do Sul*
TB F	Fécula de Tubarão
TB P	Polvilho azedo de Tubarão (Industrial)
TB TD	Polvilho azedo tradicional a partir da fécula de Tubarão*
TB 0,10	Polvilho azedo com a adição de 0,10% de glicose a partir da fécula de Tubarão*
TB 0,25	Polvilho azedo com a adição de 0,25% de glicose a partir da fécula de Tubarão*
TB 0,50	Polvilho azedo com a adição de 0,50% de glicose a partir da fécula de Tubarão*
SR F	Fécula de Santa Rosa do Sul
SR P	Polvilho azedo de Santa Rosa do Sul (Industrial)
SR TD	Polvilho azedo tradicional a partir da fécula de Santa Rosa do Sul*
SR 0,10	Polvilho azedo com a adição de 0,10% de glicose a partir da fécula de Santa Rosa do Sul*
SR 0,25	Polvilho azedo com a adição de 0,25% de glicose a partir da fécula de Santa Rosa do Sul*
SR 0,50	Polvilho azedo com a adição de 0,50% de glicose a partir da fécula de Santa Rosa do Sul*

\*Método de fermentação modificado por Marcon et al. (2004).

## 2.2 Método

### 2.2.1 Microscopia eletrônica de varredura

Foi realizada no Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, utilizando um microscópio eletrônico de varredura, marca Phillips, modelo XL 30, com filamento de tungstênio, com fonte de elétrons e detector de elétrons secundários.

As amostras foram colocadas sobre um porta amostras de alumínio e recobertas com uma fina camada de ouro, utilizando um metalizador modelo D2 Diode Sputtering System, fabricado pela ISI (International Scientific Instruments).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

As micrografias apresentadas nas Figuras 1, 2 e 3 ilustram as estruturas microscópicas dos grânulos de amido das três regiões estudadas.

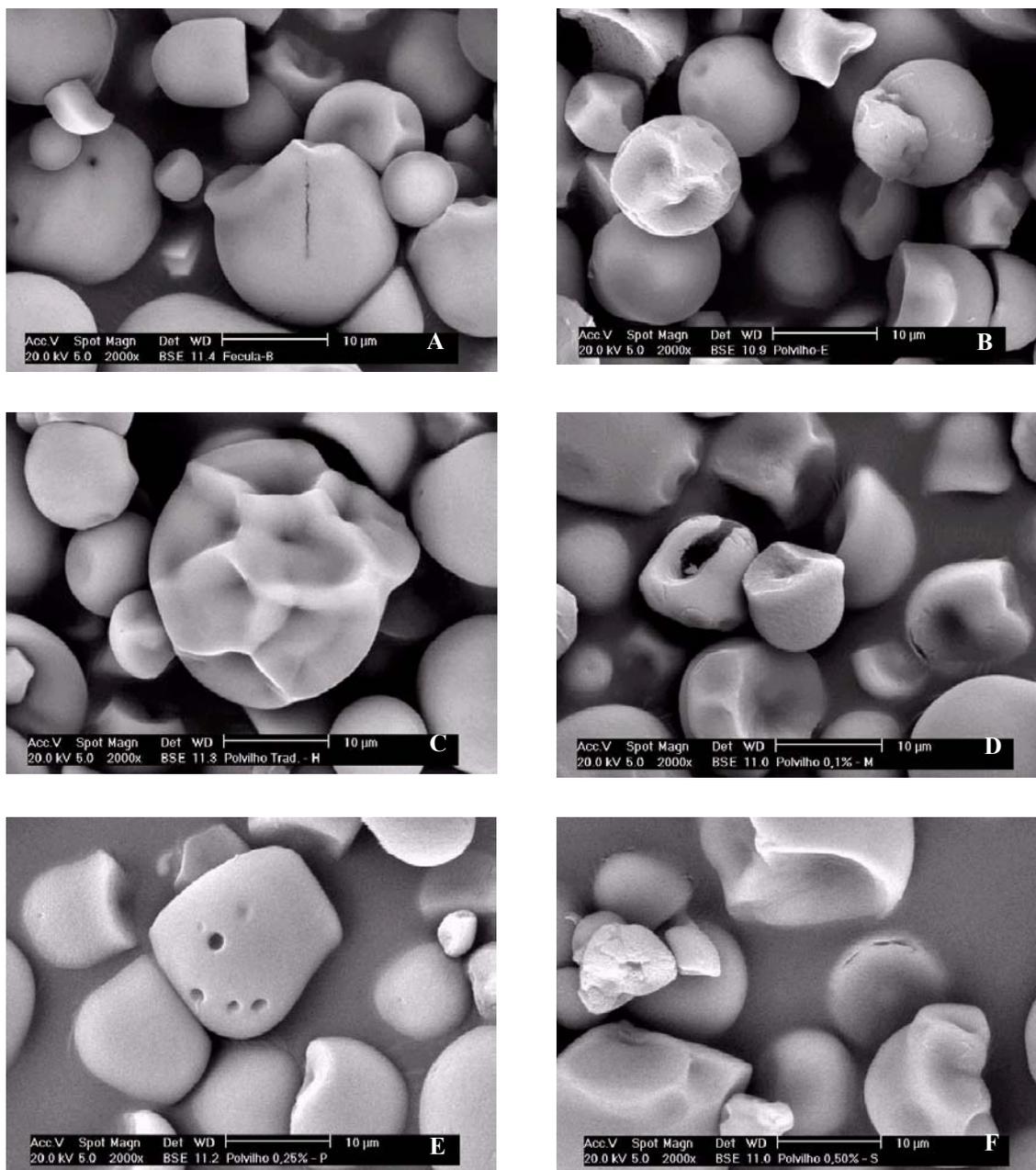
Cárdenas e Buckle (1980) e Plata-Oviedo e Camargo (1995) observaram nas amostras de polvilho azedo pequenos furos em alguns dos grânulos, o que evidencia o ataque enzimático, por enzimas provavelmente de origem microbiana, produzidas durante o processo fermentativo.

As estruturas observadas revelam identidade microestrutural características deste amido, vastamente representado em trabalhos de diversos autores (WHISTLER e PASCHAL, 1975; AMANTE, 1986). O amido nativo de mandioca apresenta grânulos predominantemente arredondados, sacciformes e cupuliformes, conforme os encontrados no presente trabalho.

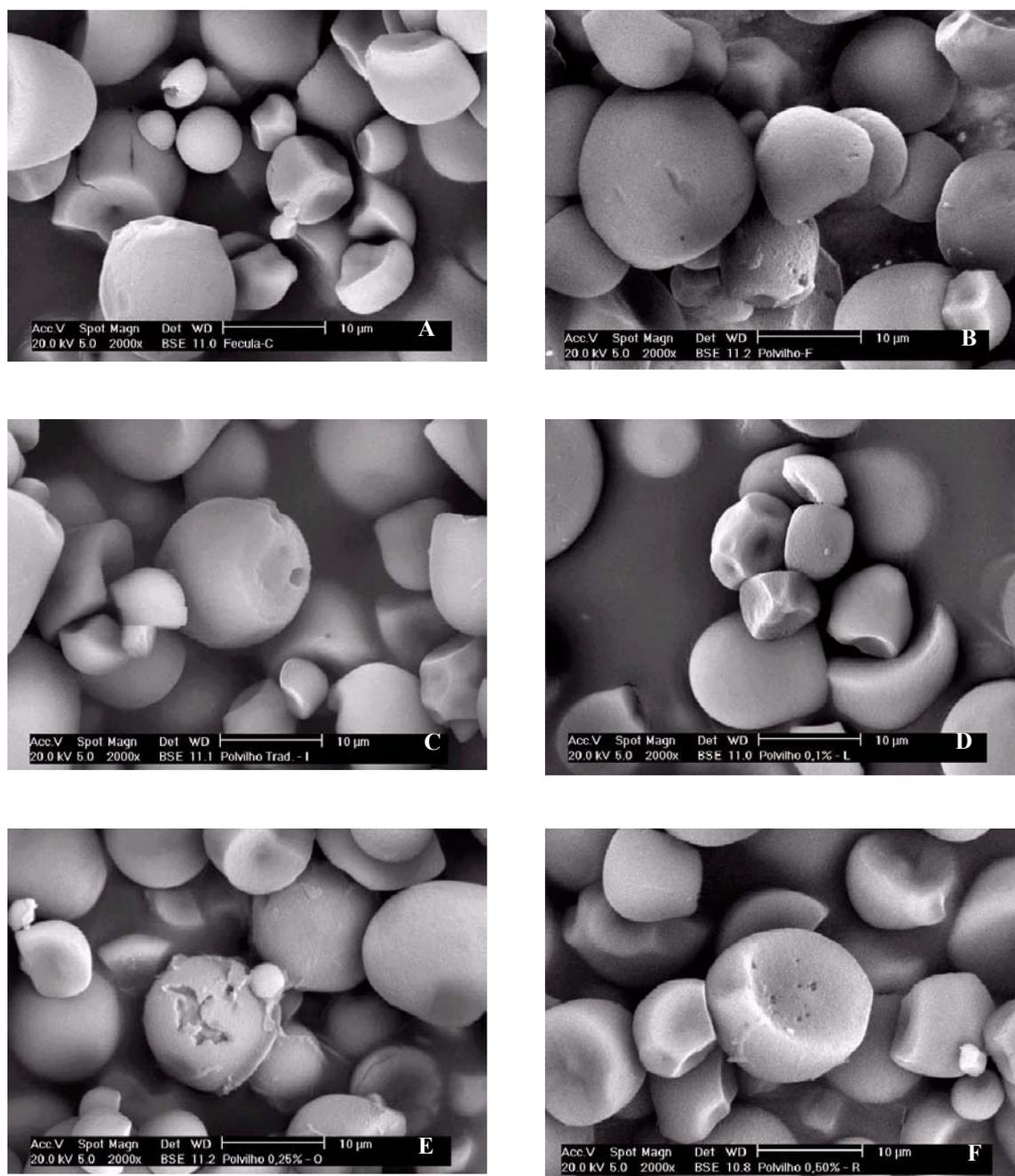
As imagens apresentadas em “B”, nas Figuras 1, 2 e 3, representam as microestruturas do polvilho azedo industrial, produzido nas regiões de Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul, respectivamente. Considerando a ação das enzimas amilolíticas sobre os grânulos, é possível observar detalhes dos danos provocados pela fermentação industrial, em todos os produtos.

A fermentação industrial é realizada em tempo superior ao praticado no presente trabalho. Estes amidos foram fermentados, em todos os tratamentos, até que o líquido sobrenadante dos tanques de fermentação atingisse estabilidade do pH e acidez em torno de 20 mL de NaOH N o que, ocorreu em no máximo 46 dias; tempo inferior ao praticado no processo industrial.

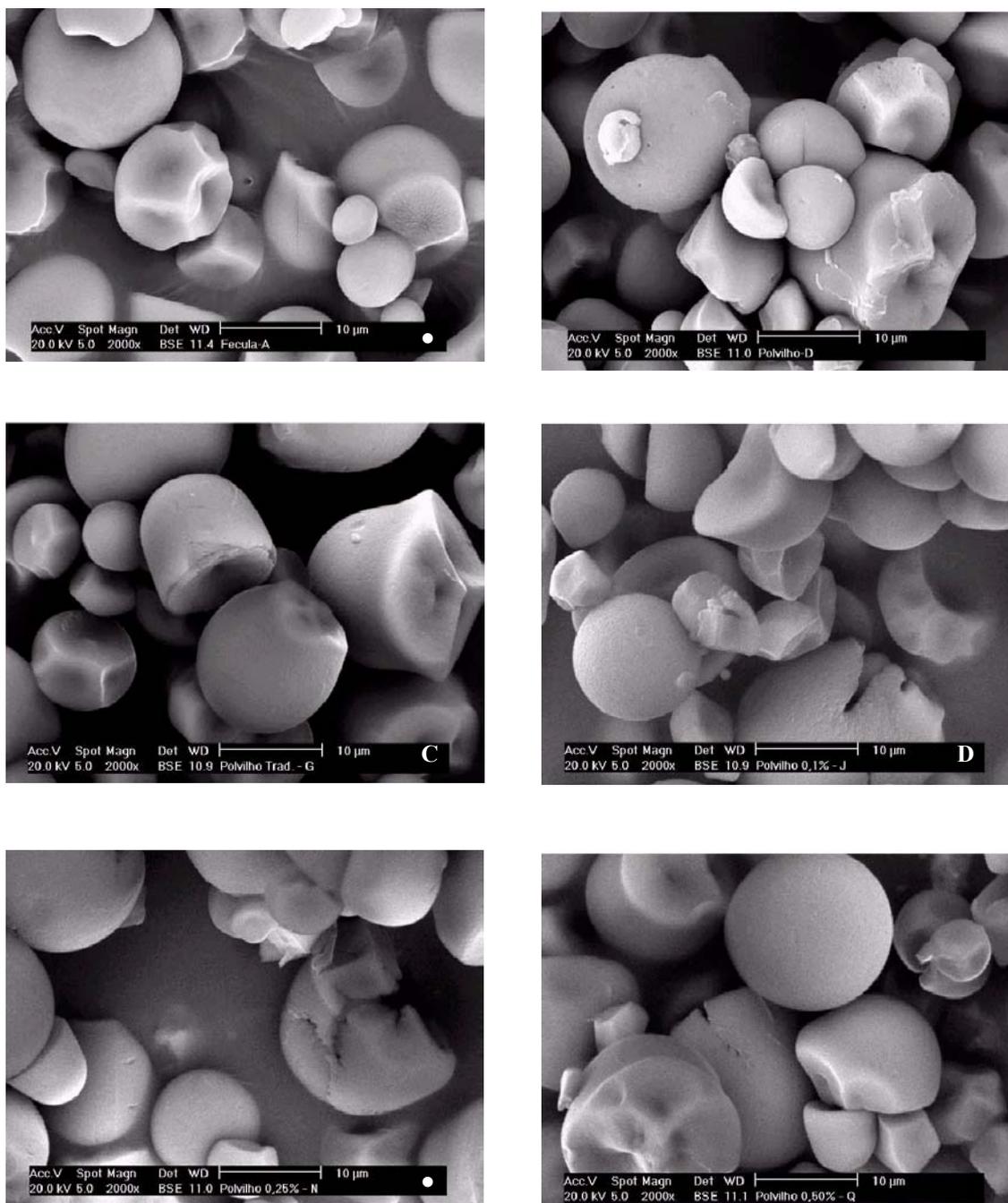
As imagens apresentadas em “C”, nas Figuras 1, 2 e 3 representam as microestruturas do polvilho azedo produzido em escala de bancada, a partir dos amidos de mandioca de Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul, simulando o processo tradicional. Foi observado que o menor tempo de fermentação praticado pelo método melhorado resulta em menos danos aos grânulos de amido de mandioca.



**Figura 1** Microscopia eletrônica de varredura (2000 X) do amido de mandioca (fécula) (A), polvilho azedo industrial (B), polvilho fermentado pelo método tradicional (C), polvilho azedo fermentado com 0,10% de glicose (D), polvilho azedo fermentado com 0,25% de glicose (E) e polvilho azedo fermentado com 0,50% de glicose (F), procedentes de Rio do Sul (SC).



**Figura 2** Microscopia eletrônica de varredura (2000 X) do amido de mandioca (fécula) (A), polvilho azedo industrial (B), polvilho fermentado pelo método tradicional (C), polvilho azedo fermentado com 0,10% de glicose (D), polvilho azedo fermentado com 0,25% de glicose (E) e polvilho azedo fermentado com 0,50% de glicose (F), procedentes de Tubarão (SC).



**Figura 3** Microscopia eletrônica de varredura (2000 X) do amido de mandioca (fécula) (A), polvilho azedo industrial (B), polvilho fermentado pelo método tradicional (C), polvilho azedo fermentado com 0,10% de glicose (D), polvilho azedo fermentado com 0,25% de glicose (E) e polvilho azedo fermentado com 0,50% de glicose (F), procedentes de Santa Rosa do Sul (SC).

As imagens representadas em “D”, nas Figuras 1, 2 e 3 representam as microestruturas do polvilho azedo produzido em escala de bancada, a partir dos amidos de mandioca de Rio do Sul, Tubarão e Santa Rosa do Sul, com a adição de 0,10 % de glicose. Pode ser observado um incremento na porosidade dos grânulos para os amidos de Rio do Sul e Santa Rosa do Sul, não tendo sido observado o mesmo comportamento para o amido de mandioca de Tubarão. Este resultado indica que o efeito da adição de glicose sobre a fermentação do polvilho azedo pode estar relacionado com a natureza do grânulo, com possibilidade de efeitos variáveis, segundo a compactação e dimensão dos mesmos. Os grânulos de amido nativo da região de Tubarão apresentaram menor dimensão, os quais tendem a ser mais resistentes à ação de enzimas.

As imagens representadas por “E”, nas figuras 1, 2 e 3 representam as microestruturas do polvilho azedo obtido a partir dos amidos das três regiões estudadas, com a adição de 0,25 % de glicose. Foi observado incremento na porosidade para todas as amostras obtidas com a concentração em estudo, sendo observado o mesmo para o amido de Tubarão.

As imagens apresentadas em “F” ilustram o efeito da adição de 0,50 % de glicose na fermentação dos amidos de mandioca, tendo sido a mais efetiva nos danos provocados pela fermentação sobre os grânulos de amido, apesar do menor tempo de fermentação praticado para as amostras obtidas pelo método melhorado.

As primeiras etapas da fermentação do polvilho azedo estão caracterizadas pela geração de açúcares, a partir da ação de enzimas amilolíticas microbianas, principalmente de origem fúngica. Assim, a adição de glicose subentende a oportunidade de transpor etapas no processo, disponibilizando substratos em maior concentração para a etapa de fermentação, promovida por bactérias acidoláticas, predominantes no processo de produção do polvilho azedo. Enzimas e ácidos gerados nas diferentes etapas da fermentação do polvilho azedo promovem importantes danos aos grânulos de amido, conforme o observado no presente trabalho.

Foi possível observar que os amidos nativos usados como materiais de partida para a obtenção do polvilho azedo podem estar danificados de forma diferenciada, o que pode influenciar na qualidade do polvilho obtido.

## 4 CONCLUSÕES

Os amidos de mandioca apresentaram predominantemente formas esféricas e reniformes.

Ocorreram diferentes comportamentos dos amidos segundo a origem para as fermentações testadas.

Os grânulos de amido de Tubarão apresentaram maior resistência à fermentação melhorada com 0,10% de glicose, comparativamente aos amidos de Rio do Sul e Santa Rosa do sul, dentro do mesmo tratamento.

A partir da concentração de 0,25% de glicose, como auxiliar de fermentação, todos os amidos apresentaram porosidades nos grânulos fermentados.

Observou-se incremento na porosidade dos grânulos para o tratamento com 0,50% de glicose, comparativamente aos outros tratamentos testados.

A adição de glicose na concentração de 0,50% além de reduzir a velocidade de fermentação do polvilho azedo, resulta em melhores efeitos sobre os grânulos de amido.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASCHERI, D.P.R.; VILELA, E.R. Alterações do polvilho da mandioca pela fermentação, no fabrico de biscoitos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. V.30, n.2, p.269-279. 1995.

AMPE, F.; SIRVENT, A.; ZAKHIA, N. Dynamics of the microbial community responsible for traditional sour cassava starch fermentation studied by denaturing gradient gel electrophoresis and quantitative rRNA hybridization. **International Journal of Food Microbiology**. V.65, p.45-54. 2001.

BALAGOPALAN, C. Cassava utilization in food, feed and industry. **Cassava: Biology, Production and Utilization**. Chapter 15, p. 301-318. CAB International. 2002.

CAMARGO, C.; COLONNA, P.; BULEON, L.A; RICHARD-MOLARD, D. Funcional properties of sour cassava (*Manihot utilíssima*) starch: polvilho azedo. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. V.45, n.3, p.273-289. 1988.

CÁRDENAS, O.S.; BUCKLE, T.S. Sour cassava starch production: a preliminary study. **Journal of Food Science**. V.45, p.1509-1512. 1980.

CARVALHO, E.P.; CANHOS, V.P.; RIBEIRO, V.E.; CARVALHO, H.P. Polvilho Azedo; Aspectos físicos, químicos e microbiológicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. V.31, n.2, p.129-137. Brasília. 1996.

CEREDA, M.P.; NUNES, O.L.G.; VILPOUX, O. Tecnologia da produção de polvilho azedo. Botucatu. Centro de Raízes Tropicais (CERAT). Universidade Estadual Paulista. 1995.

CEREDA, M.P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). II - Ensaios de absorção de água. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.17, n.3, p.297-304. 1983 .

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

CEREDA, M.P. Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). I - Formulação e preparo de biscoitos. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.17, n.3, p.287-295. 1983 b.

CEREDA, M.P.;BONASSI, I.A. Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). III- Ácidos orgânicos e absorção de água. **Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas. V.III,n.2, p.21-30. 1985.

CEREDA, M.P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. V.13, n.145, p.63-68, 1987.

CEREDA, M.P.; GIAJ-LEVRA, L.A. Constatação de bactérias não simbióticas fixadoras de nitrogênio em fermentação natural de fécula de mandioca.**Revista Brasileira de Mandioca**. Cruz das Almas. V.6, n.1, p.29-33. 1987. DEMIATE, I.M.; BARANA,A.C.;CEREDA,M.P.;WOSIACKI,G. Organic acid profile of commercial sour cassava starch. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.19, n.1. 1999.

GYUOT, J.P.; BRIZUELA, M.A.; SANOJA, R.R.; MORLON-GUYOT, J. Characterization and differentiation of *Lactobacillus manihotivorans* strains isolated from cassava sour starch. **International Journal of Food Microbiology**, V.87, p. 187-192. 2003.

LEONEL, M.; CEREDA, M.P. Extração da fécula retida no resíduo fibroso do processo de produção de fécula de mandioca. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V.20, n.1. 2000.

MARCON, M.J.A.; COSTA, L.A.; VIEIRA, M.A.; AMANTE, E.R. Melhorias no processo produtivo do polvilho azedo. Dissertação de mestrado em Ciência dos Alimentos. UFSC. Florianópolis. SC. 2004.

NAKAMURA, I. M.; MORAES, I.O.; MARTUCCI, E.T. Considerações sobre tecnologia da fécula de mandioca fermentada: produção, propriedades físico-químicas e aplicações. **Científica**. V.4, p.196-202, 1976.

PEREIRA, J. CIACCO; C.F.; VILELA, E.R.; TEXEIRA, L.S. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas. V.19, n.2, p.287-293. 1999.

PLATA-OVIEDO, M.;CAMARGO, C.R.O. Determinação de propriedades físico-químicas e funcionais de duas féculas fermentadas de mandioca (polvilho azedo). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. V.15, n.1, p.59-65. 1995.

SANNI, A.I.; MORLON-GUYOT, J.; GUYOT, J.P. New efficient amylose-producing strains of *Lactobacillus plantarum* e *lactobacillus fermentarum* isolated from different Nigerian traditional fermented foods. **Internatinal Journal of Food Microbiology**, V. 72, p. 53-62. 2002.

SILVEIRA, I.A.; CARVALHO,E.P.;SCHWAN, R.I.; PILON,L. Aspectos gerais e microbiológicos da fermentação de fécula de mandioca para a produção de polvilho azedo. **Higiene Alimentar**. V.14, n.68/69, p.26-31. 2000.

VILELA, E.R.; FERREIRA,M.G. Tecnologia de produção e industrialização do amido de mandioca. . **Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. V.13, n.145, p.69-73. 1987.