

EDUARDO RAMIREZ ASQUIERI

EFEITO DA FERMENTAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DA
FÉCULA DE MANDIOCA (*Manihot esculenta*, CRANTZ) DE TRÊS
CULTIVARES COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS

Tese apresentada à Escola Superior de
Agricultura de Lavras, como parte das
exigências do Curso de Mestrado em
Ciências dos Alimentos para obtenção
do grau de MESTRE.

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1990

EFEITO DA FERMENTAÇÃO NAS CARACTERÍSTICAS DA FÉCULA DE MANDIOCA
(Manihot esculenta, CRANTZ) DE TRÊS CULTIVARES COLHIDAS EM
DIFERENTES ÉPOCAS

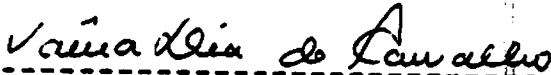
APROVADO



Prof. Dr. EVÓDIO RIBEIRO VILELA
ORIENTADOR



Prof. Dr. ROGÉRIO GERMANI



Profa. Dra. VÂNIA DÊA DE CARVALHO

AGRADECIMENTOS

Ao Departamento de Ciência dos Alimentos da Escola Superior de Agricultura de Lavras, pela oportunidade concedida.

A Coordenação de Aperfeiçoamento do Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMING), por conceder a matéria-prima (raiz de mandioca) para realização deste trabalho.

Ao professor Evódio Ribeiro Vilela, pela orientação, interesse e amizade durante a realização deste trabalho.

A professora Sin Wei Wang pela oportunidade de realização do curso de Pós-Graduação.

A Elaine Meire de Assis pelo inesgotável dedicação, incentivo e amor em todos os momentos, o que tornou tudo mais bonito e gratificante.

Aos meus pais Anita Ascheri de Suarez e Ernesto Suarez Navarro pelo sacrifício, amor e incentivo.

Aos Amigos Maria de Fátima Vilhena da Silva e Francisco Hermes da Silva, pela ajuda espontânea e sincera amizade nos momentos mais difíceis desta etapa.

A Antonio Carlos Nogueira por sua valiosa ajuda e amizade.

Aos meus irmãos José Luis, Flora, Deyanira, Anita e Diego, pela união e amor.

A minha filha Candy Diana pelo seu carinho.

A todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram na culminação deste trabalho.

Agradeço sinceramente.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 - Caracterização do amido e polvilho azedo	4
2.1.1 - Temperatura de gelatinização	4
2.1.2 - Viscosidade da pasta	7
2.1.3 - Poder de inchamento e índice de solubi- lidade.....	11
2.1.4 - Viscosidade intrínseca	14
2.1.5 - Densidade absoluta.....	14
2.1.6 - Amido danificado.....	15
2.2 - Polvilho azedo	17
2.2.1 - Aspectos gerais.....	17
2.2.2 - Processo de fabricação.....	18
2.2.3 - Aplicação	19

	Página
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 - Matéria-prima.....	21
3.2 - Extração do amido	21
3.2.1 - Extração do amido puro	21
3.2.2 - Extração de amido Impuro.....	22
3.2.3 - Fermentação do amido.....	24
3.3 - Avaliação da qualidade de polvilho doce e azedo.	26
3.3.1 - Composição química dos amidos	26
3.3.2 - Caracterização do amido.....	27
3.3.2.1 - Temperatura de gelatinização..	27
3.3.2.2 - Viscosidade da pasta.....	28
3.3.2.3 - Poder de inchamento e índice de solubilidade.....	28
3.3.2.4 - Amido danificado	29
3.3.2.5 - Densidade absoluta.....	30
3.3.2.6 - Viscosidade Intrínseca	31
3.3.3 - Ensaio de produção de biscoitos	32
3.3.3.1 - Expansão e densidade dos bis- coitos.....	33
3.3.4 - Análise estatística dos resultados.....	34

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 - Composição química da fécula pura não fermentada (FPNF), fécula pura fermentada (EPF) e fécula impura fermentada (FIF).....	35
4.1.1 - Temperatura de gelatinização.....	40
4.1.2 - Características viscoamilográficas.....	46
4.1.3 - Poder de inchamento e índice de solubilidade.....	58
4.1.4 - Viscosidade intrínseca, densidade absoluta, amido danificado,.....	68
4.1.5 - testes de produção de biscoitos.....	75
5. CONCLUSÃO.....	80
6. RESUMO.....	82
7. SUMMARY.....	84
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	86
9. ANEXO.....	101

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1. CARACTERÍSTICAS VISCOAMILOGRÁFICAS DE FÉCULA DE MANDIOCA NATIVA INDUSTRIAL, FÉCULA NÃO FERMENTADA (NF) E FÉCULA FERMENTADA (F).....	10
2. PODER DE INCHAMENTO (PI) E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE (IS) DE FÉCULA DE MANDIOCA NATIVA INDUSTRIAL, FÉCULA NÃO FERMENTADA (NF) E FÉCULA FERMENTADA (F).....	13
3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES.....	36
4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES.....	37

Tabela	Página
5. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL.....	38
6. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF), FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA DE 18 MESES DE IDADE E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL	39
7. TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) E FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DAS TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES.....	41
8. TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO DE FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL.....	42
9. TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF), FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA DE 18 MESES DE IDADE E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL.....	43

Tabela

Página

10.	TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) E FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, IRACEMA, GUAXUPÉ E ENGANA-LADRAO DE 18 MESES DE IDADE.....	44
11.	PROPRIEDADE VISCOAMILOGRAFICAS DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES.....	47
12.	PROPRIEDADES VISCOAMILOGRAFICAS DE FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES.....	48
13.	PROPRIEDADES VISCOAMILOGRAFICAS DE FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL.....	49
14.	PROPRIEDADES VISCOAMILOGRAFICAS DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF), FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA DE 18 MESES DE IDADE E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL.....	50

Tabela

Página

15.	PROPRIEDADES VISCOAMILOGRAFICAS DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) E FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA IRACEMA, GUAXUPÉ E ENGANÁ-LADRAO DE 18 MESES DE IDADE.....	51
16.	PODER DE INCHAMENTO E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES.....	59
17.	PODER DE INCHAMENTO E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE DE FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES.....	60
18.	PODER DE INCHAMENTO E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE DE FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL.....	61
19.	PODER DE INCHAMENTO E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) E FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA DE 18 MESES DE IDADE E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL.....	62

Tabela

Página

20.	PODER DE INCHAMENTO E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (NF) E FÉCULA PURA FERMENTADA (F) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA IRACEMA, GUAXUPÉ E ENGANALADRAO DE 18 MESES DE IDADE.....	63
21	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES.....	69
22.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES.....	70
23.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL.....	71
24.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) E FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA IRACEMA, GUAXUPÉ E ENGANALADRAO DE 18 MESES DE IDADE.....	72

Tabela

Página

25. ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF), FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DA VARIEDADE IRACEMA E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL. 74
26. PROPRIEDADES FÍSICAS DOS BISCOITOS FEITOS COM POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL, FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA E FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF)..... 76

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO EMPREGADO NA EXTRAÇÃO DO AMI- PURO DE MANDIOCA A PARTIR DE RAÍZES "IN NATURA".....	23
2. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO EMPREGADO NA EXTRAÇÃO DO AMI- DO IMPURO PARA FABRICAÇÃO DO POLVILHO AZEDO.....	25
3. AMIOGRAMA DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA DAS VARIEDADES IRACEMA (A1), GUAXUPÉ (B1) E ENGANA-LADRÃO (C1); FÉCULA PURA FERMENTADA IRACEMA (Aa1), GUAXUPÉ (Ba1) E ENGANA-LADRÃO (Ca1) DE 12 MESES DE IDADE.....	52
4. AMIOGRAMA DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA DAS VARIEDADES IRACEMA (A2), GUAXUPÉ (B2) E ENGANA-LADRÃO (C2); FÉCULA PURA FERMENTADA IRACEMA (Aa2), GUAXUPÉ (Ba2) E ENGANA-LADRÃO (Ca2) DE 14 MESES DE IDADE.....	53

Figura	Página
5. AMIOGRAMA DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA DAS VARIETADES IRACEMA (A3), GUAXUPÉ (B3) E ENGANA-LADRAO (C3); FÉCULA PURA FERMENTADA IRACEMA (Aa3), GUAXUPÉ (Ba3) E ENGANA-LADRAO (Ca3) DE 16 MESES DE IDADE.....	54
6. AMIOGRAMA DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA DAS VARIETADES IRACEMA (A4), GUAXUPÉ (B4) E ENGANA-LADRAO (C4); FÉCULA PURA FERMENTADA IRACEMA (Aa4), GUAXUPÉ (Ba4) E ENGANA-LADRAO (Ca4) DE 18 MESES DE IDADE.....	55
7. AMIOGRAMA DE FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) E POLVILHO AZEDO DA INDUSTRIA (PAI).....	56
8. PODER DE INCHAMENTO (PI) E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE (IS) DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), DE TRÊS VARIETADES DE MANDIOCA: IRACEMA (A), GUAXUPÉ (B) E ENGANA-LADRAO (C) DE 18 MESES DE IDADE.....	64
9. PODER DE INCHAMENTO (PI) E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE (IS) DE FÉCULA PURA FERMENTADA DE TRÊS VARIETADES DE MANDIOCA: IRACEMA (A), GUAXUPÉ (B) E ENGANA-LADRAO (C) DE 18 MESES DE IDADE.....	65

Figura

Página

10. PODER DE INCHAMENTO DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (A1), FÉCULA PURA FERMENTADA (B2), FÉCULA IMPURA FERMENTADA (C3) E POLVILHO AZEDO DA INDÚSTRIA (D4), DE 18 MESES DE IDADE.....	66
11. ÍNDICE DE SOLUBILIDADE (IS) DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (A1), FÉCULA PURA FERMENTADA (B2), FÉCULA IMPURA FERMENTADA (C3) E POLVILHO AZEDO DA INDÚSTRIA (D4) DE 18 MESES DE IDADE.....	67
12. BISCOITOS FEITOS COM FÉCULA IMPURA FERMENTADA (1), E POLVILHO AZEDO DA INDÚSTRIA (2)	77
13. BISCOITOS FEITOS COM FÉCULA PURA FERMENTADA.....	78

1. INTRODUÇÃO

A mandioca (Manihot esculenta, Crantz) é uma planta da família Euforbiaceae, tipicamente americana, PEREIRA & CARVALHO (60). Foi levada pelos indígenas a toda área brasileira, à América Central e ao México. Chegou até as Filipinas e Continente Africano levada pelos chineses e portugueses. Assim, temos hoje estabelecidas culturas de mandioca em todas as regiões de clima tropical e sub-tropical, principalmente em Java, nas Filipinas, no Ceilão, na Tailândia, Madagascar, Indonésia e Federação da Malásia, HOLLEMAN & ATEN (38).

Em certas regiões do Brasil (Nordeste e Norte), costumam chamar de aipim, ipi ou macaxeira, quando se tratam de formas doces (mansas), e mandioca, para formas amargas (bravas), SCHOLZ & CATÃO (75).

A mandioca é uma importante fonte de amido, altamente energético com um rendimento de 250.000 cal/ha por época de colheita contra 176.000 cal/ha produzida pelo arroz e trigo, MOORTHY & RAMANUJAN (52). Estima-se que a dieta de 200 a 300 milhões de pessoas pelo mundo inclui a mandioca. Seu amido

possui ampla aplicação, sendo apenas 25% empregado na indústria alimentícia tais como em produtos de panificação, espessantes, usos farmacêuticos e farinhas pré-gelatinizadas, AYRES (6), ROSENTHAL et alii (66).

O amido proveniente de raízes e tubérculos recebe a denominação técnica de fécula. Sua produção em 1975 estava concentrada nos Estados de Santa Catarina e São Paulo, responsáveis por mais de 90% da produção nacional. Dez por cento desta produção correspondem ao total das exportações brasileiras e os Estados Unidos é o seu principal comprador, ROSENTHAL et alii (66).

A fécula de mandioca é muito utilizada para a produção de fécula fermentada conhecida popularmente como polvilho azedo; a literatura não esclarece completamente a natureza das fermentações que ocorrem (8, 24 e 28). Atualmente o polvilho azedo tem sua fabricação limitada aos Estados do sul do Brasil, porém, mais ampla nos Estados de Minas Gerais, Paraná e São Paulo; de melhor preço que o polvilho doce, não pode ser substituído por um sucedâneo em suas aplicações culinárias, panificadoras e confeitarias, principalmente na produção de biscoitos de polvilho e pão de queijo (16, 26 e 27).

ROSENTHAL et alii (69) observaram que em certas variedades, a pequena diferença de 3 meses no tempo de maturação

influiu significativamente na produtividade das raízes e em algumas características do amido. A variedade e idade das plantas, em geral, são considerados como dois fatores importantes que afetam o rendimento e a qualidade das raízes da mandioca, e conseqüentemente na qualidade do amido (12, 13 e 40).

Há evidência de poucas informações científicas das características do amido e polvilho azedo em relação à variedade e o tempo de colheita, pelo que motivou realizar o presente trabalho; os objetivos que foram considerados são:

- Fazer um estudo comparativo entre amidos de três cultivares de mandioca, Iracema, Guaxupé e Engana-Ladrão, colhidas em épocas diferentes.

- Elaborar e comparar o polvilho azedo obtido da fécula das três cultivares colhidas em épocas diferentes através de testes físico-químicos e panificação.

- Comparar o polvilho azedo obtido no laboratório com o polvilho azedo industrial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Caracterização do amido e polvilho azedo

2.1.1 - Temperatura de gelatinização.

O alto grau de orientação das moléculas no grânulo dá origem, sob luz polarizada, ao fenômeno da birrefringência, com formação de cruz de malta, o que comprova a orientação radial das cadeias moleculares. Investigações realizadas com diagramas de raios X caracterizam a estrutura cristalina do grânulo de amido, tais como de cereais (milho, trigo, arroz), de tubérculos (batata), frutos (banana), ervilhas e alguns tipos de feijão, GERLSMA (37). O grau de cristalinidade do grânulo de amido é difícil de ser estimado, porém pode ter iguais quantidades de regiões cristalinas altamente organizadas, e de regiões amorfas. É comum o uso de Microscópio Kofler para a determinação de temperatura de gelatinização por meio da perda de birrefringência, BUCKLE et alii (9), LINEBACK (49).

Muitos métodos foram propostos para medir a temperatura de gelatinização, dentre os quais LEACH & SCHOCH (45), WATSON (79)

citam os que baseiam-se na perda de birrefringência, aumento de transmitância ótica e aumento da viscosidade. Porém, o primeiro método é o mais indicado para medir com exatidão a temperatura de gelatinização.

A perda de birrefringência do milho normal, milho ceroso, sorgo ceroso, inicia-se nas temperaturas de 62, 63 e 67°C, respectivamente, e termina a 72, 72 e 74°C, respectivamente, SCHOCH (72), SCHOCH & MAYWALD (74). Esses autores consideram que a perda de birrefringência é a temperatura na qual todos os grânulos perdem as cruces de polarização. GERLSMA (37) registrou a temperatura de gelatinização, quando apenas 50% dos grânulos perdem a birrefringência.

Segundo CEREDA (17, 22), CEREDA & LIMA (27) e NAKAMURA (53), o efeito da fermentação é notado com o aquecimento. Aquecendo-se concomitantemente suspensões de polvilho doce e azedo até 65°C, observou sua morfologia microscópica a cada 5 ou 6°C, notando-se o seguinte: o polvilho azedo incha-se mais rapidamente, absorvendo a água, mas apresenta maior resistência à fragmentação. O mesmo não acontece com o polvilho doce, os grânulos incham bastante e podem romper-se em algum ponto, mas conservam-se íntegros.

PARK et alii (59) observaram que alguns grãos grandes de amido de mandioca começavam a entumescer à temperatura de 57°C,

e que esses grãos tingiam-se com a solução de vermelho-congo. Isso significa que os grãos entumescidos tinham-se gelatinizado. Observou que todos os grãos grandes de amido estavam entumescidos a 60°C. Entretanto ROSENTHAL et alii (64, 70), observaram que os amidos de 9 meses de idade da planta apresentaram temperaturas de gelatinização um pouco mais alta que os de 12 meses, indicando a influência da idade sobre os grânulos do amido, pois com pouca idade eles são menores, apresentando estrutura granular mais resistente ao inchamento e ao rompimento.

Segundo CARDENAS & BUCKLE (11), a temperatura de gelatinização média inicial de 5 amostras foi 61,0°C para polvilho doce e 60°C para polvilho azedo. CAMARGO et alii (10) utilizaram um "Differential Scanning Calorimetry" que revelou a temperatura de gelatinização para os amidos não fermentados de 53,7, 62,6 e 74,2°C inicial, média e máxima, respectivamente; valores baixos comparados com o amido de mandioca nativa (da França) de 58,7, 68,6 e 84,1°C inicial, média e máxima, respectivamente e para os amidos de mandioca fermentada encontrou valores de 55,5, 63,7 e 74,8°C inicial, média e máxima, respectivamente, não foram notadas modificações significativas. ROSENTHAL et alii (65, 66) encontraram para diferentes amidos não fermentados, valores de temperatura de gelatinização de 62, 66 e 77°C inicial, média e final, respectivamente. LII & CHANG (47) encontraram para amidos de

mandioca valores de 61, 63 e 699C inicial, média e final, respectivamente.

2.1.2 - Viscosidade da pasta

A gelatinização ocorre quando os amidos são aquecidos com água ou por meio de reagentes químicos apropriados, o que resulta no inchamento dos grânulos até várias vezes o seu tamanho original, e a amilose é preferencialmente solubilizada. No resfriamento a força do gel tende a aumentar, assim como a sua firmeza, sendo estes fatores muito variados de acordo com a origem do amido (19,43,50,51 e 61).

KITE et alii (41), SRIVASTAVA & PATEL (77) afirmam que a amilose apresenta pastas pouco viscosas, porém mais estáveis, enquanto que a amilopectina apresenta pastas mais viscosas e menos estáveis. Isto é facilmente observado nos vegetais geneticamente modificados de alto teor de amilose ou nos "cerosos" (alto teor de amilopectina), MAZURS et alii (50). Ziemba, citado por CEREDA et alii (31), lembra, entretanto, que a maioria dos vegetais apresenta cerca de 25% de amilose e 75% de amilopectina. LINEBACK (49) encontrou teores de amilose de milho normal de 26%, de trigo 25%, de arroz 17% e de mandioca 17%; nesse aspecto, a mandioca teria maior teor de amilopectina (83%) do que o normal, quando comparada ao amido de milho (74%), o que explicaria seu padrão de viscosidade.

ROSENTHAL (63), ROSENTHAL et alii (64, 70) estudaram variedades de mandioca para verificar a influência da idade da planta nas propriedades do amido. Como a viscosidade é uma propriedade de grande importância para as aplicações industriais, foi feita a viscosidade Brabender em concentrações de 6% e pH 6,0 tendo como resultado na maioria dos amidos das diferentes variedades, viscogramas semelhantes de 9 e 12 meses.

CEREDA et alii (31) fizeram algumas modificações para determinar viscosidade na fécula de mandioca, nos métodos de MAZURS et alii (56) e afirmaram que as pastas de fécula doce com 6% apresentam viscosidade máxima acima de 800 UB, enquanto para polvilho azedo estes valores somente são alcançados em pastas mais concentradas (8% e 10%). Com base nesses resultados recomendam usar pastas de fécula fermentada para viscogramas com 8%, na qual se obtém picos bem definidos, sem contudo ultrapassar as 1.000 UB, como ocorreu a 10%. Também a escolha de 90°C como temperatura máxima empregada para polvilho azedo é suficiente para obter o inchamento dos grânulos. CEREDA (15) refere-se ao fato, ao relatar que os amidos de mandioca normalmente são cozidos rapidamente em baixa temperatura, justificando assim, o emprego de 90°C como temperatura máxima. Já acima deste valor, as pastas se tornam muito fracas.

CAMARGO & et alii (10) fizeram estudos amilográficos de amidos nativos de mandioca obtidos de Tipiak (Nantes, France), e

de fermentados (F) e não fermentados (NF) obtidos de quatro fábricas de Minas Gerais (Brasil). Utilizaram pastas de fécula de 6,2 % (ms), com uma velocidade rotacional de 75 RPM, e com incremento de temperatura de 30 a 96 °C a 1,5 °C por minuto, com um repouso a 96°C por 15 minutos, finalmente decresceu a 30°C a 1,5°C por minuto (Tabela 1). Comparando estes amidos, os NF apresentaram similar perfil de temperatura de pasta, e uma maior consistência de pastas quentes (270 UA) do que o amido industrial nativo; esta diferença poderia ser devido ao tipo de cultivar e as condições de crescimento. Os amidos fermentados apresentam três maiores características: baixa viscosidade de pasta a temperatura de 96°C (75 UA), ausência de uma saliência a 81°C e uma mais alta relação entre viscosidade de pasta fria e quente (1,47 contra 1,28 para os amidos NF).

De acordo com Launay et alii, citados por CAMARGO et alii (10), a viscosidade de pasta do amido está relacionada com a suspensão de grânulos inchados e grânulos fragmentados em uma solução aquosa de macromoléculas de amido. Por essa razão a viscosidade do amido fermentado pode estar relacionada à sua maior solubilidade em água quente. A razão da alta viscosidade das pastas frias não poderia ser relatada por uma destruição preferencial de estruturas amorfas apresentadas por difração de raios X. A desestruturação das moléculas da amilose e amilopectina poderiam ser uma explicação deste aspecto secundário.

TABELA 1. CARACTERÍSTICAS VISCOAMILOGRÁFICAS DE FÉCULA DE MANDIOCA NATIVA INDUSTRIAL, FÉCULA NÃO FERMENTADA (NF) E FÉCULA FERMENTADA (F)

	FÉCULA DE MANDIOCA NATIVA INDUSTRIAL	**FÉCULA NF	**FÉCULA F
TEMPERATURA INICIAL DE PASTA (2C)	67,5	67,3	66,8
CONSISTÊNCIA DO PICO MÁXIMA (UA)	322	555	424
TEMPERATURA NO PICO (2C)	73,5	61,1	61,5
CONSISTÊNCIA A 962C INICIAL (UA)	172	270	75
FINAL (UA)	119	180	40
CONSISTÊNCIA A 302C (UA)	305	396	96

Fonte: CAMARGO, et alii (10).

UA: Unidades Amilográficas

* Fécula de mandioca de Tipiak (Nantes, França)

** Fécula de mandioca de (Minas Gerais, Brasil)

CARDENAS & BUCKLE (11) usaram 5,5% de polvilho azedo, doce, e modificado por ácidos. As curvas de viscosidade Brabender revelam uma diminuição extensiva viscosidade em todos os amidos quando são cozidos a 90°C no viscoamilógrafo. Diferenças significativas são observadas na viscosidade entre polvilho doce, azedo e tratados com ácidos. Pastas de amidos tratadas com ácidos e polvilho fermentado, reagem de uma maneira similar durante o aquecimento e cozimento, e apresentam menor tendência à retrogradação que as observadas no polvilho doce.

NAKAMURA et alii (54) e NAKAMURA (53) compararam amilogramas de alguns polvilhos doces e azedos comerciais, podendo-se observar o seguinte: a viscosidade máxima do polvilho azedo é mais baixa do que a do polvilho doce; durante todo o processo a pasta de polvilho azedo se mantém menos viscosa que a de polvilho doce, apresentando menor estabilidade à agitação e menor capacidade de retrogradação ou gelificação; estas diferenças também foram notadas em polvilho doce fermentado no laboratório.

2.1.3 - Poder de inchamento e índice de solubilidade

Os grânulos de amido exibem uma capacidade limitada de absorção de água pelo fato de que a amilose e amilopectina estão associadas entre si por pontes de hidrogênio, formando áreas cristalinas, radialmente orientadas. Entre estas áreas

cristalinas existem regiões amorfas, nas quais as moléculas não tem uma orientação particular. As áreas cristalinas mantêm a estrutura do grânulo e controlam o comportamento do amido na água, KERR (39) e NARA (56). Para se obter informações fundamentais sobre o inchamento do grânulo é necessário que a gelatinização do amido seja conduzida em excesso de água, permitindo que os grânulos possam inchar livremente e sem desintegração mecânica, CIACO & CRUZ (33).

MOORTHY & RAMANUJAM (52), em suas pesquisas com amidos de variedades de mandioca não fermentados, encontraram variação significativa nas características de poder de inchamento.

CAMARGO & et alii (10), em suas pesquisas, compararam amido nativo industrial, amido não fermentado (NF), e fermentado (F), em relação aos valores de poder de inchamento e índice de solubilidade (Tabela 2). Observaram que os amidos não fermentados apresentam alta solubilidade a 75°C (18,9%) e 95°C (86,8%). Também tiveram altos valores de poder de inchamento como a 75°C (10,8%) e 95°C (28,6%). Diferenças entre amido industrial nativo e amido NF, certamente estão baseados nas condições de secagem, as quais quando muito intensas limitam a dispersão do amido. No entanto, NAKAMURA et alii (54, 55) e NAKAMURA (53) encontraram valores diferentes de poder de inchamento e índice de solubilidade para amidos fermentados e não fermentados. Os autores verificaram que o polvilho

TABELA 2. PODER DE INCHAMENTO (PI) E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE (IS) DE FÉCULA DE MANDIOCA NATIVA INDUSTRIAL, FÉCULA NÃO FERMENTADO (NF) E FÉCULA FERMENTADO (F).

TEMPERATURA °C		*FÉCULA NATIVA INDUSTRIAL	**FÉCULA DE MANDIOCA	
			NF	F
25	IS	0,05	0,2	0,2
	PI	3,3	1,3	1,3
50	IS	0,1	0,2	0,3
	PI	3,7	1,6	1,6
75	IS	40,1	4,8	18,9
	PI	55,1	7,9	10,8
95	IS	96,3	24,9	86,8
	PI	ND	10,3	28,6

fonte: CAMARGO et alii (10).

ND= Não detectável

IS= % do total de amido

PI= g de água/g de sedimento

* Fécula de mandioca de Tipiak (Nantes, França)

** Fécula de mandioca de (Minas Gerais, Brasil)

fermentado apresentaram solubilidade e poder de intumescimento maiores que o polvilho doce em água, e quando sua suspensão amilácea é aquecida obtém-se pastas de menor viscosidade que a do polvilho doce.

2.1.4 - Viscosidade intrínseca

LEACH (41) definiu a viscosidade intrínseca como a medida da fricção interna ou resistência ao deslocamento de moléculas de alto peso molecular em uma solução. FORSTER (36) define a viscosidade intrínseca como a medida física simples, conseqüentemente a mais utilizada para providenciar informação sobre peso molecular de polímeros solventes através da relação:

$$[N] = \lim_{C \rightarrow 0} \frac{N_{sp}}{C} = \lim_{C \rightarrow 0} \frac{NR-1}{C} = \lim_{C \rightarrow 0} \frac{N/N_0-1}{C}$$

[N]= Viscosidade intrínseca

N_{sp} = Viscosidade específica

NR= Viscosidade relativa

N/N_0 = Viscosidade respectiva do solvente puro

C= Concentração do polímero-solvente (g/cc)

A unidade de viscosidade intrínseca é simplesmente a recíproca da concentração (C), ou seja, cc/g ou ml/g.

Mcartur & D'appolonia , Berry et alii, citados por ASCHERI

(4), afirmam que os valores de viscosidade intrínseca para amidos de aveia a 0,1 e 0,4% foram 1,42 a 1,59 ml/g. Em centeio e triticales valores de 1,96 e 2,13 ml/g, respectivamente, foram encontrados. Segundo Medcalf & Gilles, citados por ASCHERI (4), em trigo houve uma variação de 1,49 a 2,32 ml/g. AMANTE (2), em suas pesquisas com amidos de mandioca revela que não há diferença de viscosidade intrínseca entre as variedades tardias e precoces, apresentando valores na faixa de 2,82-3,26. CIACCO & D'APPOLONIA (34) encontraram valores nas faixas de 1,80-2,45 ml/g.

2.1.5 - Densidade absoluta

A densidade absoluta é determinada com muita frequência, especialmente para calcular o volume específico ou para dimensionamento de embalagens e equipamentos NARA (56) e SCHOCH & LEACH (73). AMANTE (2) encontrou valores de densidade absoluta de variedades de amidos de mandioca de 1,2424-1,2894 g/ml. NARA (56) encontrou valores de 1,5200 g/ml.

2.1.6 - Amido danificado

O amido danificado difere de amido normal em certos aspectos: como absorção de água (inchamento em água), solubilidade, susceptibilidade a coloração com iodo e certas tintas, e digestibilidade por amilases. A variação em

intensidade de danificação é evidenciada pela quantidade de inchamento e pela intensidade da coloração com iodo nos grânulos.

A danificação aparentemente abrange a área toda ou ruptura de umas poucas ligações intermoleculares, que imperceptivelmente aumenta o inchamento e a taxa de digestão, tornando o amido disponível à ação da amilase, SANDSTEDT & MATTERN (71). MOORTHY & RAMANUJAM (52) concluíram através de suas pesquisas que o amido danificado não varia muito com as diferentes épocas de colheita.

Geralmente o amido é danificado durante o processo de moagem, dependendo do tipo de operação para se obter maior ou menor quantidade de amido danificado. Segundo Greenwood, citado por CEREDA (20), o amido também pode ser danificado por ação enzimática e geralmente a atuação se faz sobre o grânulo de amido gomificado ou solubilizado. Isto explica LEACH & SCHOCH (45), que ao expandirem os grânulos durante a gelificação, os amidos que ficaram plenamente hidratados separaram-se da rede micelar e difundiram-se na solução aquosa circundante, tornando-se mais propensos ao ataque de enzimas.

MOORTHY & RAMANUJAM (52) encontraram valores de amido danificado na faixa de 0,07%-1,37% em amido de mandioca de diferentes variedades e épocas de colheita. AMANTE (2) encontrou

valores na faixa de 0,84-4,17 para amidos de mandioca precoces e tardias.

2.2 - Polvilho azedo

2.2.1 - Aspectos gerais

A fécula de mandioca ou amido de mandioca é também conhecida como polvilho doce e polvilho azedo, de acordo com o seu teor de acidez. O máximo de acidez permitido é de 1 ml de solução NaOH 1N por 100 g de amostra para o polvilho doce, e 5 ml polvilho azedo, NAKAMURA (53).

O polvilho azedo é bem aceito pelo consumidor brasileiro, sendo empregado na alimentação, em aplicações nas quais não pode ser substituído por polvilho doce, NAKAMURA & PARK (55). O polvilho doce é usado na indústria de alimentos, ou ainda para outros fins industriais como na engomagem de fios e tecidos (35,42, 46 e 55).

O polvilho azedo não é um produto amplamente comercializado no âmbito internacional. Trata-se de um produto típico brasileiro de grande consumo, principalmente nos Estados de Minas Gerais e São Paulo. Este alimento tem mercado aberto para ser produto de exportação, uma vez que em 1972-1973 algumas fábricas de Minas Gerais exportaram mais de 13 mil toneladas por

ano para a Espanha, REIS (62), ROSENTHAL (68). Um dos grandes problemas apontados pelos exportadores parece ser a falta de uniformidade no produto durante o ano, do ponto de vista de qualidade e de quantidade.

A maioria do polvilho doce produzido em escala industrial encontra-se dentro das especificações legais, porém o polvilho azedo apresenta grandes oscilações nas suas características físico-químicas, composição, teor de ácidos orgânicos, cor viscosidade, etc. (14,29,30,31,32 e 78). Isto parece ocorrer porque a acidificação do produto tem sido feita através de fermentação natural, de uma maneira empírica, sem técnica definida e sem controle de qualidade, ALBURQUERQUE & CARDOSO (1) e FIGUEIREDO (35).

Encontrou-se reduzida literatura referente ao assunto, e essas poucas informações obtidas são muitas vezes contraditórias.

2.2.2 - Processo de fabricação.

O fluxograma de obtenção do polvilho azedo consiste em: colheita ou recebimento das raízes, lavagem e descascamento, ralação, e peneiragem da massa sobre água corrente. Com esta última operação o bagaço que se acumula é eliminado, e a fécula é arrastada pela água, sendo dela separada por decantação em

tanques ou planos inclinados ou por centrifugação (23,33,48 e 54). A fermentação da fécula pode ser feita em qualquer recipiente, desde o popular cocho de madeira a tanques de alvenaria revestidos ou não de azulejos, em recintos abertos ou não, simplesmente para proteger contra intempéries ou material estranho.

A fermentação é natural, sendo a fécula mantida em maceração com 10 a 15 cm de água sobrenadante por 20 dias ou mais. Este intervalo de tempo é determinado pelo grau de acidificação desejado e pelas condições climáticas. O processo é considerado terminado empiricamente, com o aparecimento de espuma na superfície, bolhas persistentes de gás que se formam no interior da massa e despreendimento de odor forte característico. A secagem é feita ao sol e vento colocando a massa em girais de bambú (11,14,54,53 e 76).

2.2.3 - Aplicação

A maior aplicação do polvilho azedo consiste na confecção de biscoitos, pão de queijo, conferindo-lhes sabor e odor característico.

CEREDA (21) padronizou uma formulação "pobre" para elaborar biscoitos de polvilho azedo, que consta de polvilho azedo 100%, gordura vegetal hidrogenada 10 a 30%, água 40 a 90%

variável com o polvilho utilizado), e sal 4%. CAMARGO et alii (10) realizaram teste de panificação, onde uma mistura de margarina, sal e 25% do total de água (20 partes) fervente, foram adicionadas à fécula fermentada, em seguida adicionou-se outras 20 partes de água e deixou-se em repouso por 5 minutos, os outros ingredientes foram misturados na massa, seguidos pela adição da água restante depois de 10 minutos (40 partes), a massa final, tendo uma aparência lisa, foi assada por 15 minutos a 200°C

CARDENAS & BUCKLE (11) empregaram no teste de panificação 125 partes de amido, 125 partes de queijo (tipo salgado com 20-24% de gordura), 16 partes de ovos, 100 partes de leite e 2 partes de açúcar NAKAMURA (53) empregou a seguinte fórmula: polvilho azedo 100 g, gordura 30 g, sal 3 g, gema de ovo (1/3), leite 80 ml

CEREDA (15) analisou duas amostras de polvilho azedo comercial, encontrando para ambas, resultados conflitantes quanto ao rendimento e volume dos biscoitos, relacionados à absorção de água. Assim, a amostra que apresentou maior absorção de água resultou maior rendimento em biscoitos, índice adotado pela autora para determinar qualidade da fécula fermentada comercial. CEREDA (25, 26) propõe índices de qualidade mais fáceis de serem determinados, possibilitando que a avaliação se processe nos estabelecimentos comerciais, e não apenas nos laboratórios.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Matéria-prima

As raízes usadas no presente trabalho foram das cultivares Iracema (mansa), Engana-Ladrão (mansa) e Guaxupé (Brava), cultivadas no campo experimental da Escola Superior de Agricultura de Lavras. O material foi colhido inicialmente em outubro de 1988, aos 12 meses após o plantio, com intervalos de dois meses, até atingir 18 meses de idade da planta.

3.2 - Extração do amido

3.2.1 - Extração do amido puro

Os amidos foram extraídos segundo procedimentos descritos por SCHOCH & MAYWALD (74), com modificações (Figura 1). Após a colheita as raízes foram transportadas ao laboratório, lavadas, pesadas, retiradas as películas (felema), raladas em ralador industrial, trituradas a partículas menores em liquidificador industrial durante 5 minutos, com 3 partes de água contendo 0.2%

de bissulfito de Na; posteriormente sofreram uma prensagem manual com tecido de algodão, retornando-se o resíduo fibroso para um segundo peneiramento; sempre com solução de bissulfito de Na 0,2%. A adição deste sal é para que a extração do amido seja mais eficiente e para evitar deterioração.

O leite de amido obtido foi deixado decantar por seis horas, sendo feita a remoção do sobrenadante e a ressuspensão do amido em água. Os amidos de mandioca foram submetidos a três ressuspensões, posteriormente, peneirados em peneiras de malha 200 mesh, decantados e centrifugados por 15 minutos à 2.500 RPM com água, logo com álcool 70%, com os mesmos parâmetros anteriores para desidratar o amido e posterior secagem.

Os amidos obtidos foram secados em estufa com circulação de ar a 45°C durante 24 horas, e moídos até a granulometria de 100 mesh (0,149 mm).

Cabe ressaltar que uma parte do amido, ou seja, 700 g, foi separada antes de levar a centrifugação com álcool, para uso na fermentação natural no laboratório.

3.2.2 - Extração de amido impuro

Foi utilizado um método simples de extração. As raízes da variedade Iracema, de 18 meses de idade, colhidas no campus da

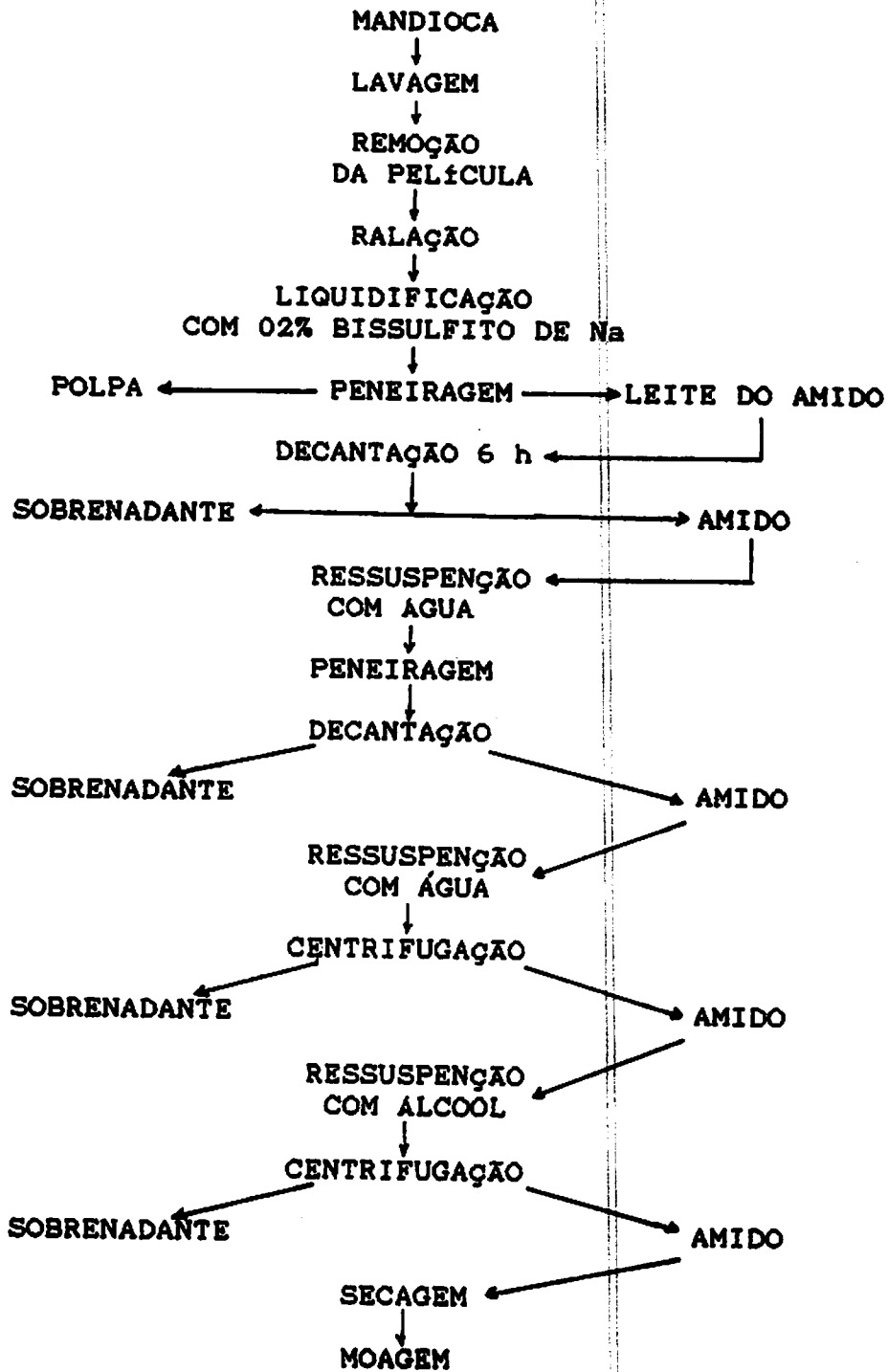


FIGURA 1. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO EMPREGADO NA EXTRAÇÃO DO AMIDO PURO DE MANDIOCA A PARTIR DE RAÍZES "IN NATURA"

ESAL, foram lavadas, descascadas, raladas, e o material obtido foi prensado manualmente com um pano de tecido de algodão para separar o leite do material fibroso, logo peneirado em uma peneira de malha fina de 200 mesh, e separado o bagaço da suspensão amilácea. Após a decantação a água foi eliminada, sendo feita a remoção do sobrenadante. Esta operação foi feita por duas vezes, logo o amido obtido foi levado à fermentação para obter o polvilho azedo de forma semelhante a da indústria. A Figura 2 mostra o esquema do procedimento.

3.2.3 - Fermentação do amido

Para fermentar o amido puro, utilizou-se beakers de 500 ml nos quais adicionou-se o amido e cubriu-se com água potável até uns 5-8 cm da superfície do amido. Os beakers contendo o amido foram tampados com tecido de algodão fino (gase) para evitar entrada de elementos estranhos dentro do recipiente, e colocados em ambiente fechado. Um termohigrógrafo registrou a temperatura e umidade relativa durante todo tempo de fermentação (Apêndice 1A). A cada 4 dias tomou-se amostras dos polvilhos nos beakers para determinação de pH, com peagâmetro micronal B-371, afim de se determinar o final da fermentação, quando o pH atingiu valores entre 3-4 (Apêndice 2A). O tempo médio de fermentação variou muito (25-40 dias) dependendo da época em que se encontrava fermentando. O amido, assim fermentado foi colocado em bandejas de alumínio para a secagem ao sol.

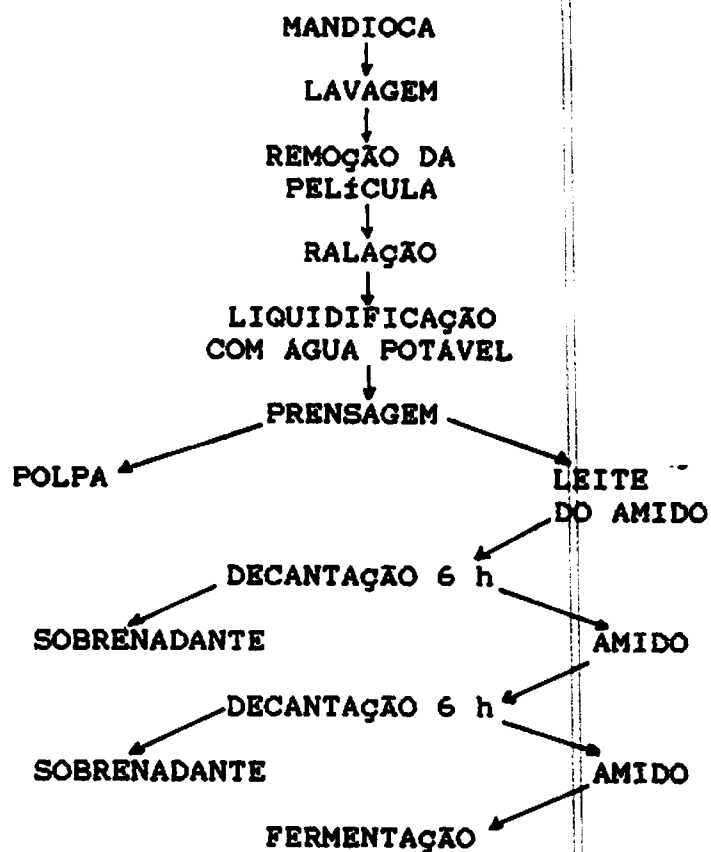


FIGURA 2. ESQUEMA DO PROCEDIMENTO EMPREGADO NA EXTRAÇÃO DE AMIDO IMPURO PARA FABRICAÇÃO DO POLVILHO AZEDO.

Para fermentar o amido impuro seguiu-se procedimento similar ao da indústria. Usou-se um becker de 500 ml, colocou-se o amido e cubriu-se com água potável 5-8 cm da superfície do amido), e deixou-se em ambiente exposto ao sol e à entrada de elementos estranhos. A água foi sempre completada para evitar diminuição de volume. O tempo de fermentação foi de 23 dias, quando o pH abaixou para 3,1 (Apêndice 3A). A secagem foi feita ao sol em bandejas de alumínio.

3.3 - Avaliação da qualidade do polvilho doce e azedo

3.3.1 - Composição química dos amidos

3.3.1.1 - Umidade: foi utilizado o método da American Association of Cereal Chemists (AACC) 44-40 (3).

3.3.1.2 - Cinzas: determinada segundo método AACC 08-03 (3).

3.3.1.3 - Gordura: determinada segundo método AOAC (5) 13-033, por extração contínua em aparelho tipo Soxhlet.

3.3.1.4 - Proteína: determinada através do método micro KJELDAHL para nitrogênio total da AACC 46-10 (3). O fator usado para a conversão de nitrogênio em proteína foi de 6,25.

3.3.1.5 - pH: utilizou-se o método da AOAC (5).

3.3.1.6 - Açúcares redutores, não redutores e totais: extraídos pelo método de Lane e Enyon descrito na AOAC 24-077 (5) e determinado pelo método colorimétrico de Somogy, modificado por NELSON (57).

3.3.1.7 - Teor de amido: extraídos pelo métodos de Lane e Enyon descrito na AOAC 24-077 (5) e determinado pelo método colorimétrico de Somogy, modificado por NELSON (57).

3.3.2 - Caracterização do amido

As propriedades dos grânulos foram determinadas por meio de testes químicos e físico-químicos.

3.3.2.1 - Temperatura de gelatinização

As determinações de birrefringência foram realizadas segundo a técnica de SCHOCH & MAYWALD (74). Uma solução de amido de 0,2% foi observada em microscópio KOFLER, com controle para aumentar a temperatura em 20C/minuto. Foram determinadas as temperaturas em que 5%, 50%, e 95% dos grânulos perderam sua birrefringência.

3.3.2.2 - Viscosidade da pasta

A variação da viscosidade da pasta de polvilho doce e azedo com a temperatura, foi estudada pelo método de MAZURS et alii (50), usando o viscoamilógrafo Brabender. Para polvilho doce e azedo foram construídos amilogramas com a concentração de 8% de amido em água destilada. A velocidade de aquecimento foi de 1,5°C/minuto, agitação de 75 RPM, com cartucho de sensibilidade de 700 cm.gf. Cada uma das suspensões em estudo foi colocada no aparelho e aquecida de 25-95°C mantida por 15 minutos e, então submetida a resfriamento até a temperatura de 50 °C.

3.3.2.3 - Poder de inchamento e índice de solubilidade

Foram feitos seguindo-se o método de LEACH et alii (44) com pequenas modificações. Um grama de amido (bs) foi transferido para um tubo de centrifuga, previamente pesado. Foram adicionados 40 ml de água destilada e o tubo pesado novamente. A suspensão foi mantida em um banho de água com temperatura controlada por 30 minutos. O teste foi feito nas temperaturas de 50, 70, e 90°C. Após o tempo de incubação, os tubos foram centrifugados a 2.500 RPM, e separou-se o amido entumescido e os solúveis.

A água sobrenadante foi separada em cápsula de porcelana, para determinar o peso do solúvel nesta porção, submetendo à evaporação em estufa a 105°C por 24 horas. O tubo contendo o amido entumescido foi pesado novamente. Os teores de índice de solubilidade e poder de inchamento foram calculados gravimetricamente com as seguintes fórmulas:

$$IS = a \times 100 / b$$

$$PI = c / b - a$$

IS= índice de solubilidade

PI= Poder de inchamento

a = peso do resíduo após evaporação na estufa

b = peso seco da amostra

c = peso do sedimento após centrifugação

3.3.2.4 - Amido danificado

Os grânulos de amido danificados do polvilho doce e azedo, foram determinados segundo SANDSTEDT & MATTERN (71).

Suspensões de amido com solução tampão (ácido acético glacial e acetato de sódio anidro) e enzima (alfa amilase) foram mantidas em banho-maria e misturadas por rotação do frasco. Os frascos contendo as suspensões de amido foram mantidos por 1 hora para as primeiras amostras e 2 horas para as segundas amostras. No final dos períodos de 1 e 2 horas foram adicionados

2 ml de H₂SO₄ 3,58N, agitados e acrescidos de 2 ml de tungstato de Na, misturando-se novamente; deixou-se repousar 2 minutos e submeteu-se a filtração. Aliquotas de 5 ml do filtrado mais 10ml de ferrocianeto alcalino foram levados a banho-maria vigorosamente fervente por 20 minutos. Depois deste tempo, os tubos foram resfriados e lavados com solução tampão ácido acético-sal em um erlenmeyer de 125 ml, em seguida acrescentou-se 1 ml de amido solúvel-IK e titulou-se com solução tiossulfato 0,1N, até o completo desaparecimento da cor azul.

O ferrocianeto reduzido foi calculado, plotando-se o teor de maltose contra o tempo de agitação. A intersecção com o eixo vertical no tempo zero resultou na percentagem de maltose produzida, ou percentagem de amido danificado.

3.3.2.5 - Densidade absoluta

A densidade absoluta dos grânulos de amido de polvilho azedo e doce foi determinada pelo método de deslocamento líquido descrito por SCHOCH & LEACH (73), utilizando-se um picnômetro de 50 ml. Para o cálculo da densidade do xileno o volume exato do frasco foi determinado com água destilada, completado e mantido a 30°C por 15 minutos e pesado. Cinco gramas (5,0g) da amostra com umidade conhecida foram pesados no picnômetro e devidamente envolvidos com xileno, efetuando-se pesagem após 15 minutos de equilíbrio a 30°C em banho-maria.

O volume do frasco e a densidade absoluta foram determinados pelas fórmulas:

volume do frasco = peso da água / 0,99567

$$D = (a \times d) / a + b - c$$

D = densidade absoluta do amido

a = peso da amostra (g)

b = peso do frasco com xileno (g)

c = peso do frasco com xileno e amostra (g)

d = densidade do xileno

0,99567 = densidade da água

3.3.2.6 - Viscosidade Intrínseca

Usou-se o procedimento descrito por LEACH (42) com algumas modificações. As medidas de tempo de escoamento foram efetuadas em viscosímetro OSTWALD, à temperatura de 30°C. O referencial de tempo de fluxo empregado foi o hidróxido de sódio 1,0N.

Um grama de amido foi suspenso em água destilada (aproximadamente 75 ml) e colocado em ebulição por 30 minutos. Após resfriamento da suspensão (35°C), adicionou-se 20 ml de NaOH, 5N e diluiu-se para 100 ml. Colocou-se o viscosímetro N950 na posição vertical em um recipiente contendo água em agitação à

35°C e mediu-se o fluxo do solvente (NaOH 1N). A partir da suspensão original, foram preparadas várias concentrações da amostra para serem medidos seus fluxos em segundos. As concentrações de suspensão foram de 0,5, 0,4, 0,3, 0,2 e 0,1%, respectivamente.

Calculou-se a viscosidade cinemática em centistokes, através da fórmula : $V = kt - x$.

v = viscosidade cinemática;

k = inclinação linear em centistokes por segundo

x = intercepção negativa em centistokes no tempo zero

t = tempo em segundos

Os dados do viscosímetro NQ50 são:

tempo de fluxo da água à 35°C = 196,8

constante k = 0,003727

x = 0,0026

A viscosidade intrínseca foi obtida por extrapolação da viscosidade reduzida ou inerente à concentração igual a zero.

3.3.3 - Ensaio de produção de biscoitos

O teste foi comparativo, tomando como padrão o biscoito de

polvilho comercial. Além de testar todos os polvilhos fermentados no laboratório a partir de amidos puros, também foi testado o polvilho azedo obtido através da fermentação de amidos impuros, sendo esta efetivada em condições idênticas a da indústria. A formulação básica foi testada usando o polvilho azedo comercial. A formulação foi:

100 g de polvilho
25 g de óleo de soja
4 g de sal
85 ml de água

Os biscoitos foram fabricados misturando-se os ingredientes acima mencionados numa batedeira, usou-se um molde com bico padrão, que caracterizou a forma do biscoito de 10 cm de comprimento e um diâmetro da matriz de 7 mm; colocou-se numa assadeira de alumínio, levou-se ao forno à temperatura de 200°C.

3.3.3.1 - Expansão e densidade do biscoito

A análise foi feita com o propósito de avaliar a qualidade do polvilho no processo da fabricação do biscoito. Usou-se a fórmula:

Expansão = Diâmetro final médio / diâmetro matriz

Densidade = Massa ou peso / volume

O diâmetro final foi medido com um paquímetro para sua maior exatidão; realizou-se 3 repetições para cada biscoito, com um total de 20 biscoitos por variedade de mandioca.

3.3.4 - Análise Estatística dos Resultados.

O delineamento experimental seguido foi o inteiramente casualizado, e o modelo usado foi de um fatorial 3 x 4 em DIC, com 3 repetições, e desdobramento da interação e regressão. O contraste entre as médias das variedades e épocas de colheita foram calculados pelo teste de Tuckey, e a significância pelo teste F verificada ao nível 5% de probabilidades (Apêndice 4A).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Composição química da fécula pura não fermentada (FPNF), fécula pura fermentada (FPF), e fécula impura fermentada (FIF)

A composição química da fécula pura não fermentada (FPNF), fécula pura fermentada (FPF), e fécula impura fermentada (FIF) encontra-se nas Tabelas 3,4,5 e 6. Estas análises foram feitas, sobretudo, para verificar o grau de pureza destas féculas.

Os resultados da fécula pura não fermentada (FPNF) (Tabela 3) estão dentro das normas de pureza citadas na literatura (1,7 e 35) para féculas, ou seja, com baixos teores de cinza, lipídeo e proteína, não havendo variações muito grandes entre as variedades e épocas de colheita.

A fécula pura fermentada (FPF) apresentou em sua composição (Tabela 4), poucas variações, como um ligeiro aumento de proteína, chegando algumas a ultrapassar 1%, e uma pequena diminuição no amido e açúcares.

TABELA 3. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA FSCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES*

VARIEDADES	MESES DE IDADE	UMIDADE CINZA LIPÍDIO PROTEÍNA AMIDO SACAROSE GLICOSE (%)							
		(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
IRACEMA	12	11,0	0,13	0,22	0,78	88,9	0,041	0,006	
	14	9,5	0,13	0,29	0,70	91,2	0,012	0,012	
	16	9,1	0,13	0,23	0,61	91,4	0,003	0,002	
	18	10,0	0,06	0,33	0,90	92,5	0,009	0,009	
GUAXUPÉ	12	11,4	0,12	0,20	0,87	91,2	0,023	0,012	
	14	10,0	0,12	0,30	0,74	91,2	0,018	0,002	
	16	9,0	0,11	0,23	0,62	95,5	0,002	0,002	
	18	10,3	0,07	0,27	0,61	91,4	0,003	0,010	
ENGANA-LADRAO	12	11,5	0,13	0,16	0,87	93,4	0,022	0,014	
	14	10,5	0,06	0,28	0,87	88,9	0,012	0,012	
	16	8,7	0,14	0,30	0,61	92,5	0,002	0,002	
	18	9,5	0,09	0,29	0,61	90,3	0,007	0,007	

* Valores médios de três repetições

TABELA 4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES*

VARIEDADES	MESES DE IDADE	UMIDADE (%)	CINZA (%)	LÍPIDIO (%)	PROTEÍNA (%)	AMIDO (%)	SACAROSE (%)	GLICOSE (%)
IRACEMA	12	15,0	0,10	0,35	0,87	75,6	0,002	0,004
	14	12,2	0,14	0,47	0,61	85,8	0,014	0,002
	16	11,7	0,11	0,33	0,61	83,5	0,002	0,004
	18	11,0	0,07	0,26	1,22	82,3	0,003	0,005
GUAXUPÉ	12	14,5	0,09	0,34	0,87	80,1	0,001	0,005
	14	13,0	0,20	0,52	0,61	84,6	0,035	0,004
	16	11,7	0,10	0,28	0,61	82,4	0,001	0,008
	18	11,0	0,09	0,21	0,61	83,5	0,001	0,002
ENGANA-LADRÃO	12	15,0	0,09	0,30	1,00	75,6	0,003	0,003
	14	12,5	0,11	0,42	0,61	85,8	0,028	0,002
	16	11,6	0,18	0,25	0,61	83,5	0,001	0,003
	18	12,0	0,07	0,39	0,61	85,4	0,004	0,002

* Valores médios de três repetições

TABELA 5. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF)
DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA E POLVILHO AZEDO
INDUSTRIAL*

AMOSTRAS	UMIDADE (%)	CINZA (%)	LIPÍDIO (%)	PROTEÍNA (%)	AMIDO (%)	SACAROSE (%)	GLICOSE (%)
IRACEMA	12,18	0,27	0,07	1,13	77,6	0,002	0,003
POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL	15,0	0,28	0,07	1,23	79,9	0,004	0,007

* Valores médios de três repetições

TABELA 6. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF), FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA DE 18 MESES DE IDADE E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL (PAI)*

AMOSTRA	UMIDADE (%)	CINZA (%)	LIPÍDIO (%)	PROTEÍNA (%)	AMIDO (%)	SACAROSE (%)	GLICOSE (%)
FPNF	10,0	0,06	0,328	0,90	92,52	0,009	0,009
FPF	11,0	0,07	0,260	1,22	82,30	0,003	0,005
FIF	12,2	0,27	0,067	1,13	77,57	0,002	0,003
PAI	15,0	0,28	0,073	1,23	79,85	0,004	0,007

* Valores médios de três repetições

MOORTHY E RAMANUJAM (52) estudaram as propriedades do amido de mandioca em variedades e idade da planta, verificando que existe variação significativa até os 6-9 meses de idade, e os meses restantes permanecia quase constante.

Com relação, entretanto, à fécula impura fermentada (FIF) e polvilho azedo da indústria, as diferenças foram maiores (Tabela 5), principalmente nos maiores teores de proteína e cinza e menores teores de amido e açúcares apresentados. O aumento de proteína e cinza podem ser devido à proliferação de microrganismos e impurezas, e a diminuição de amido e de açúcares devido ao processo fermentativo. Na Tabela 6 pode-se ver melhor os resultados para a variedade Iracema de 18 meses de idade da planta.

4.1.1 - Temperatura de gelatinização

Os valores da temperatura de gelatinização para fécula pura não fermentada (FPNF) e fécula pura fermentada (FPF) são apresentados na Tabela 7. Na Tabela 8, 9, e 10 podemos ver estes dados para fécula impura fermentada (FIF) juntamente com um polvilho comercial.

Estes valores não diferem muito entre variedades e épocas de colheita, tanto para fécula pura não fermentada (FPNF) quanto para fécula pura fermentada (FPF).

TABELA 7. TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) E FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DAS TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES*.

VARIEDADE	MÊS	FPNF			FPF		
		3-5% (°C)	45-50% (°C)	90-95% (°C)	3-5% (°C)	45-50% (°C)	90-95% (°C)
IRACEMA	12	57	67	72	56	68	70
	14	58	68	70	59	68	73
	16	63	69	74	62	65	72
	18	60	68	73	58	66	72
GUAXUPÉ	12	63	67	73	59	63	74
	14	62	69	72	63	66	73
	16	60	67	73	62	68	70
	18	59	66	70	63	67	74
ENGANA-LADRAO	12	63	69	71	63	67	72
	14	57	65	70	58	68	71
	16	59	68	73	59	65	69
	18	60	68	72	59	66	72

* Valores médios de três repetições

TABELA 8. TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO DE
FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF)
DE MANDIOCA DA VARIEDADE
IRACEMA E POLVILHO AZEDO
INDUSTRIAL*

VARIEDADE	3-5% (9C)	45-50% (9C)	90-95% (9C)
IRACEMA	59	67	70
POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL	59	64	68

* Valores médios de três repetições

TABELA 9. TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF), FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA DE 18 MESES DE IDADE E FOLVILHO AZEDO INDUSTRIAL (PAI)*

AMOSTRA	TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO °C		
	3-5%	45-50%	90-95%
FPNF	60	68	73
FPF	58	66	72
FIF	59	67	70
PAI	59	64	68

* Valores médios de três repetições

TABELA 10. TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) E FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, IRACEMA, GUAXUPÉ E ENGANA-LADRAO DE 18 MESES DE IDADE*

VARIEDADE	TEMPERATURA DE GELATINIZAÇÃO					
	3-5%		45-50%		90-95%	
	FPNF (°C)	FPF (°C)	FPNF (°C)	FPF (°C)	FPNF (°C)	FPF (°C)
IRACEMA	60	58	68	66	73	72
GUAXUPÉ	59	63	66	67	70	74
ENGANA-LADRAO	60	59	68	66	72	72

* Valores médios de três repetições

A FPNF das diferentes variedades apresentaram temperatura de gelatinização entre 57-63, 67-69 e 70-74°C, para variedade Iracema; entre 59-63, 66-69 e 70-73°C, para a Guaxupé; entre 57-63, 65-69 e 70-73°C, para a Engana-Ladrão, inicial, média e final, respectivamente. Para as FPF, na variedade Iracema os valores de temperatura de gelatinização ficaram entre 56-62, 65-68 e 70-73°C; Guaxupé entre 59-63, 63-68 e 70-74°C e Engana-Ladrão entre 58-63, 65-68 e 69-72°C, inicial, média e final, respectivamente.

Como não houve diferenças entre as FPNF e FPF, julgamos que o processo de purificação no laboratório poderia não representar o processo industrial. Assim, procedemos à elaboração de um polvilho azedo a partir de fécula impura, ou seja, utilizando um processo semelhante à indústria. Para estes testes foi utilizada somente a variedade Iracema com 18 meses de idade.

Na Tabela 8, 9, e 10 podemos observar que a temperatura de gelatinização final (70°C) da FIF da variedade Iracema é menor que a FPF e FPNF, 73°C e 72°C, respectivamente (Tabela 7). O polvilho azedo da indústria, porém, mostrou valores ainda menores (68°C).

NAKAMURA et alii (67) encontraram valores de temperatura de gelatinização para amido de mandioca não fermentado da

variedade Iracema de 62, 65 e 68°C, inicial, média e final, respectivamente, para a variedade Engana-Ladrão de 63, 67 e 71°C, inicial, média e final respectivamente.

A diminuição da temperatura de gelatinização com o processo de fermentação é relatada também por CAMARGO et alii (10) que estudaram amidos fermentados e não fermentados, afirmando que os amidos fermentados tiveram 55,5-63,7 e 74,8°C inicial, média e final, respectivamente, e o amido não fermentado (nativo) teve 58,7-68,6 e 84,1°C inicial, média e final, respectivamente. CARDENAS & BUCKLE (11) ao estudarem amidos fermentados e não fermentados, encontraram que para os não fermentados a temperatura de gelatinização é de 61,0°C e para os fermentados de 60,5°C.

As diferenças encontradas nos levam a crer que exista uma desestruturação nas moléculas do amido no processo fermentativo e que ao se submeterem ao calor estas percam a birrefringência mais rapidamente. NAKAMURA (53) observou no microscópio, que os amidos não fermentados mantêm sua estrutura intacta tendo uma maior resistência à fragmentação, enquanto que os grânulos fermentados incham bastante e rompem-se em alguns pontos, embora mantenham-se íntegros.

4.1.2 - Características viscoamilográficas.

o comportamento da viscosidade das pastas dos amidos

TABELA 11 PROPRIEDADE VISCOAMIOLOGRAFICAS DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES*

VARIEDADES	MESES DE IDADE	TEMP. DE PASTA (9C)	TEMP. NO PICO (9C)	VISCO. MAXIMA UA	VISCO. 959C UA	VISCO. 959C APOS 15' UA	VISCO. A 509C UA
IRACEMA	12	59,5	80,5	1.600	565	340	580
	14	58,0	80,5	1.630	660	460	600
	16	60,3	85,0	1.580	630	420	650
	18	61,0	77,5	1.650	720	390	580
GUAXUPÉ	12	60,3	83,5	1.480	620	340	460
	14	59,5	82,0	1.460	660	430	580
	16	60,3	85,0	1.560	590	400	680
	18	59,5	73,0	1.580	500	350	600
ENGANA-LADRAO	12	56,5	82,0	1.550	600	310	440
	14	60,3	80,5	1.560	700	490	650
	16	60,3	79,0	1.400	640	430	530
	18	60,3	73,0	1.550	520	380	550

* Valores médios de duas repetições
UA= Unidades Amilográficas

TABELA 12 PROPRIEDADES VISCOAMILOGRÁFICAS DE FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES*.

VARIEDADE	MESES DE IDADE	TEMP. DE PASTA (°C)	TEMP. NO PICO (°C)	VISCO. MÁXIMA UA	VISCO. 95°C UA	VISCO. 95°C APOS 15' UA	VISCO. A 50°C UA
IRACEMA	12	59,0	59,5	1.150	520	290	480
	14	59,5	86,5	1.000	580	380	560
	16	61,0	84,3	1.130	570	330	400
	18	61,0	79,0	1.200	560	380	450
GUAXUPÉ	12	60,3	78,3	1.120	540	250	450
	14	59,5	85,0	1.110	640	400	570
	16	59,5	80,5	1.130	600	390	490
	18	60,3	75,3	1.100	570	370	420
ENGANA-LADRAO	12	59,5	78,3	1.100	500	230	400
	14	60,3	83,5	1.100	610	390	630
	16	60,3	82,0	1.080	570	330	400
	18	61,0	82,0	1.200	570	430	400

* Valores médios de duas repetições
 UA= Unidades Amilográficas

TABELA 13. PROPRIEDADES VISCOAMILOGRÁFICAS DE FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL*

AMOSTRAS	TEMP. DE PASTA (9C)	TEMPE. NO PICO (9C)	VISCO. MÁXIMA UA	VISCO. 959C. UA	VISCO. 959C. APOS 15' A UA	VISCO. 509C. A UA
IRACEMA	59,5	71,5	1.000	500	350	400
POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL	59,5	66,3	900	290	160	210

* Valores médios de duas repetições
UA= Unidades Amilográficas

TABELA 14. PROPRIEDADES VISCOAMILOGRÁFICAS DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF), FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA DE 18 MESES DE IDADE E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL (PAI)*

AMOSTRA	TEMP. DE PASTA (°C)	TEMP. NO PICO (°C)	VISCO. MÁXIMA UA	VISCO. 95°C UA	VISCO. 95°C APOS 15' UA	VISCO. A 50°C UA
FPNF	61,0	77,5	1.650	720	390	580
FPF	61,0	79,0	1.200	560	380	450
FIF	59,5	71,5	1.000	500	350	400
PAI	59,5	66,3	900	290	160	210

* Valores médios de três repetições
 UA = Unidades Amilográficas

TABELA 15. PROPRIEDADES VISCOAMILOGRAFICAS DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) E FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA IRACEMA, GUAXUPÉ E ENGANA-LADRAO DE 18 MESES DE IDADE*

VARIEDADE	TEMP. DE PASTA		TEMP. NO PICO		VISCO MAXIMA		VISCO. 959C		VISCO. APOS 15'		VISCO. A 509C	
	FPNF	FPF	FPNF	FPF	FPNF	FPF	FPNF	FPF	FPNF	FPF	FPNF	FPF
IRACEMA	61,0	61,0	77,5	79,0	1.650	1.200	720	560	390	380	580	450
GUAXUPÉ	59,5	60,3	73,0	75,3	1.580	1.100	500	570	350	370	600	420
ENGANA LADRAO	60,3	61,0	73,0	82,0	1.550	1.200	520	570	380	430	550	400

* Valores médios de três repetições
 UA= Unidades Amilográficas

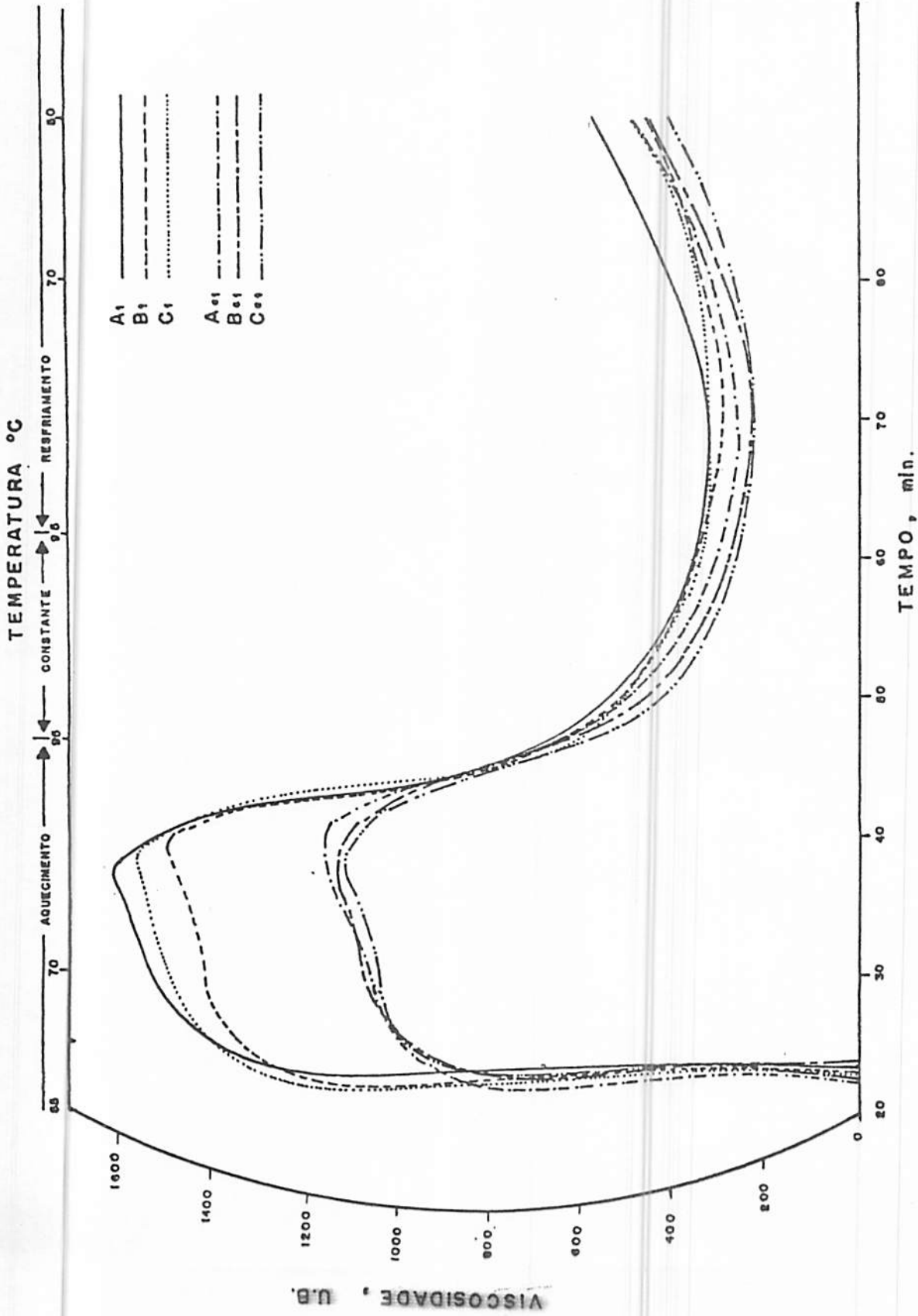
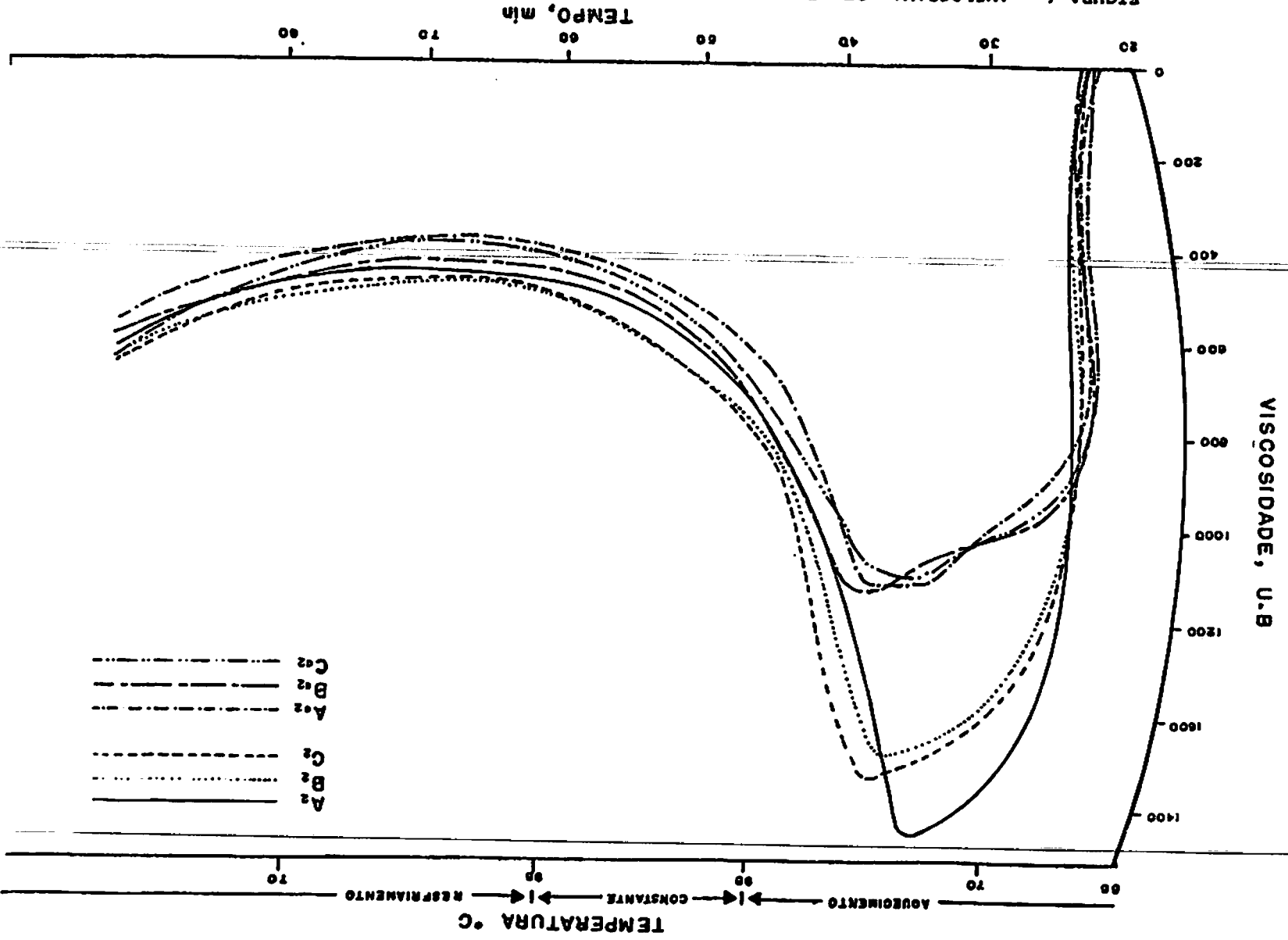


FIGURA 3. AMILOGRAMA DE FÉCULA PURA NAO FERMENTADA DAS VARIÉDADES IRACEMA (A₁), GUAXUPÉ (B₁) E ENGANA-LADRAO (C₁); FÉCULA PURA FERMENTADA IRACEMA (A₉₁), GUAXUPÉ (B₉₁) E ENGANA-LADRAO (C₉₁) DE 12 MESES DE IDADE.

FIGURA 4. AMITLOGRAMA DE FECULA PURA NAO FERMENTADA DAS VARIEDADES IRACEMA (A2), GUAXUPÉ (B2) E ENGANA-LADRAO (C2) FERMENTADA IRACEMA (Aa2), GUAXUPÉ (Ca2) E ENGANA-LADRAO (Ca2) DE 14 MESES DE IDADE.



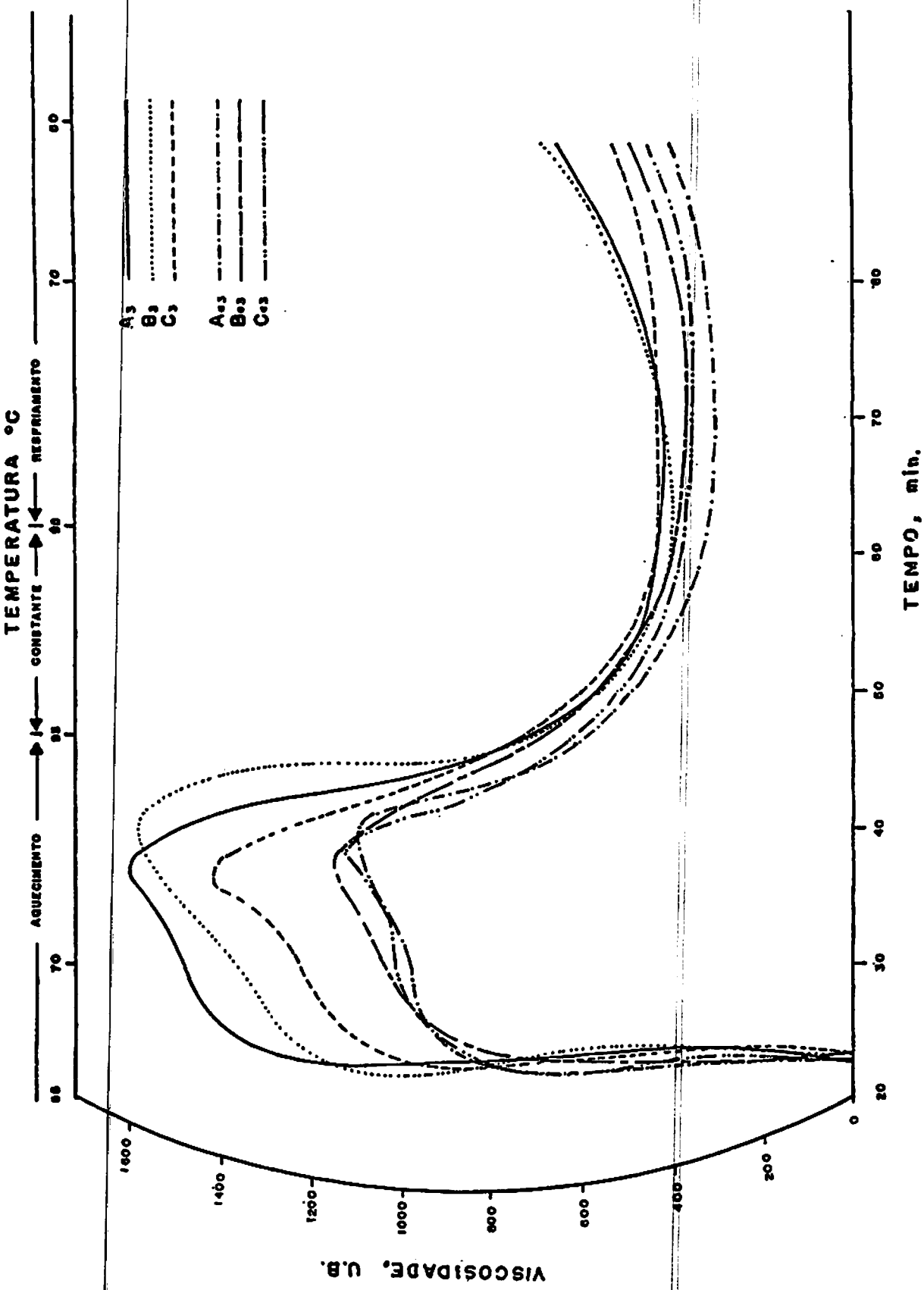


FIGURA 5. AMILOGRAMA DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA DAS VARIÉDADES IRACEMA (A3), GUAXUPÉ (B3) E ENGANA-LADRIO (C3); FÉCULA PURA FERMENTADA IRACEMA (Aa3), GUAXUPÉ (Ba3) E ENGANA-LADRIO (Ca3) DE 16 MESES DE IDADE. TEMPO, min.

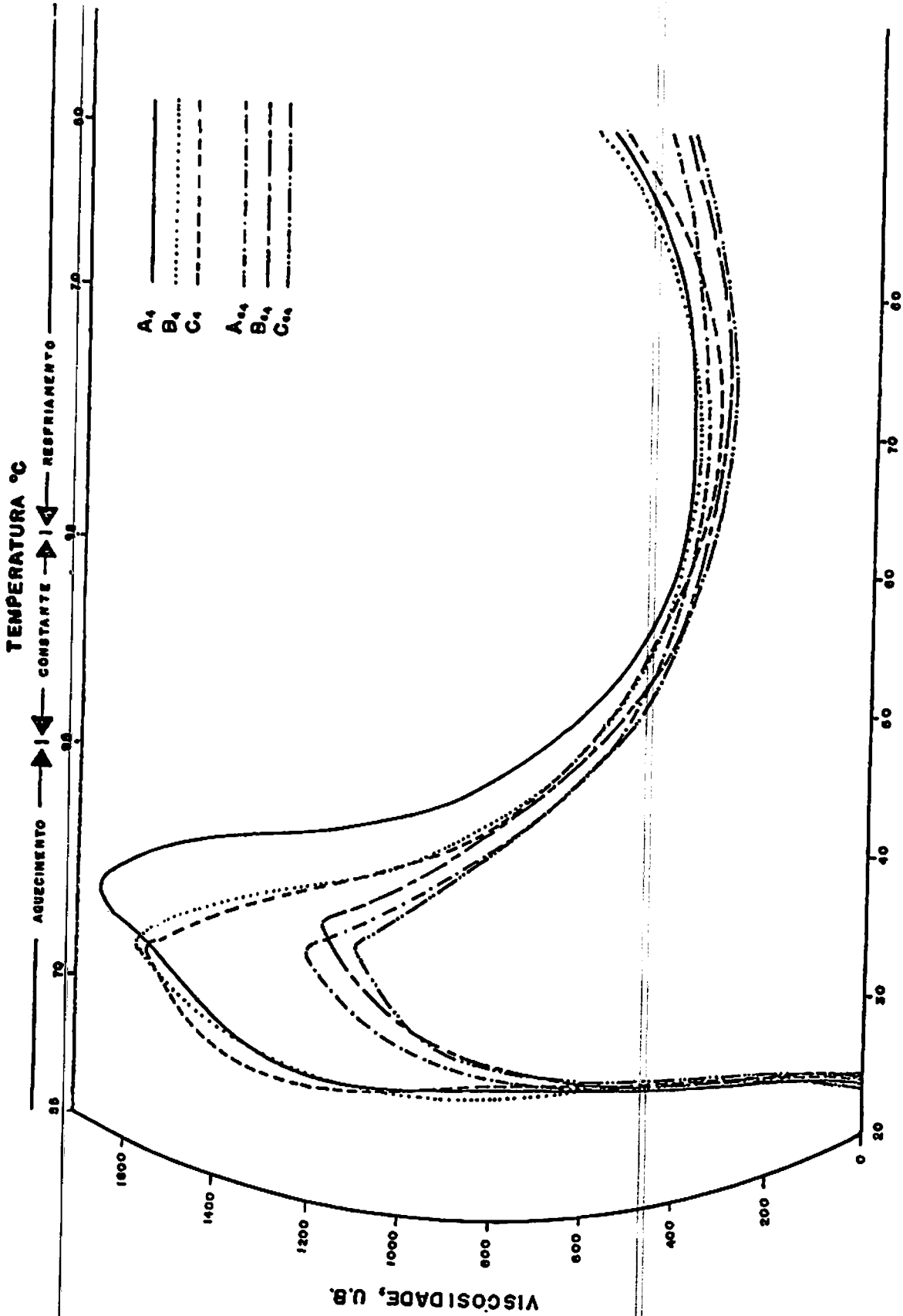


FIGURA 6. AMIOGRAMA DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA DAS VARIETADES IRACEMA (A₄), GUAXUPÉ (B₄) E ENGANA-LADRAO (C₄); FÉCULA PURA FERMENTADA IRACEMA (A₂₄), GUAXUPÉ (B₂₄) E ENGANA-LADRAO (C₂₄) DE 18 MESES DE IDADE.

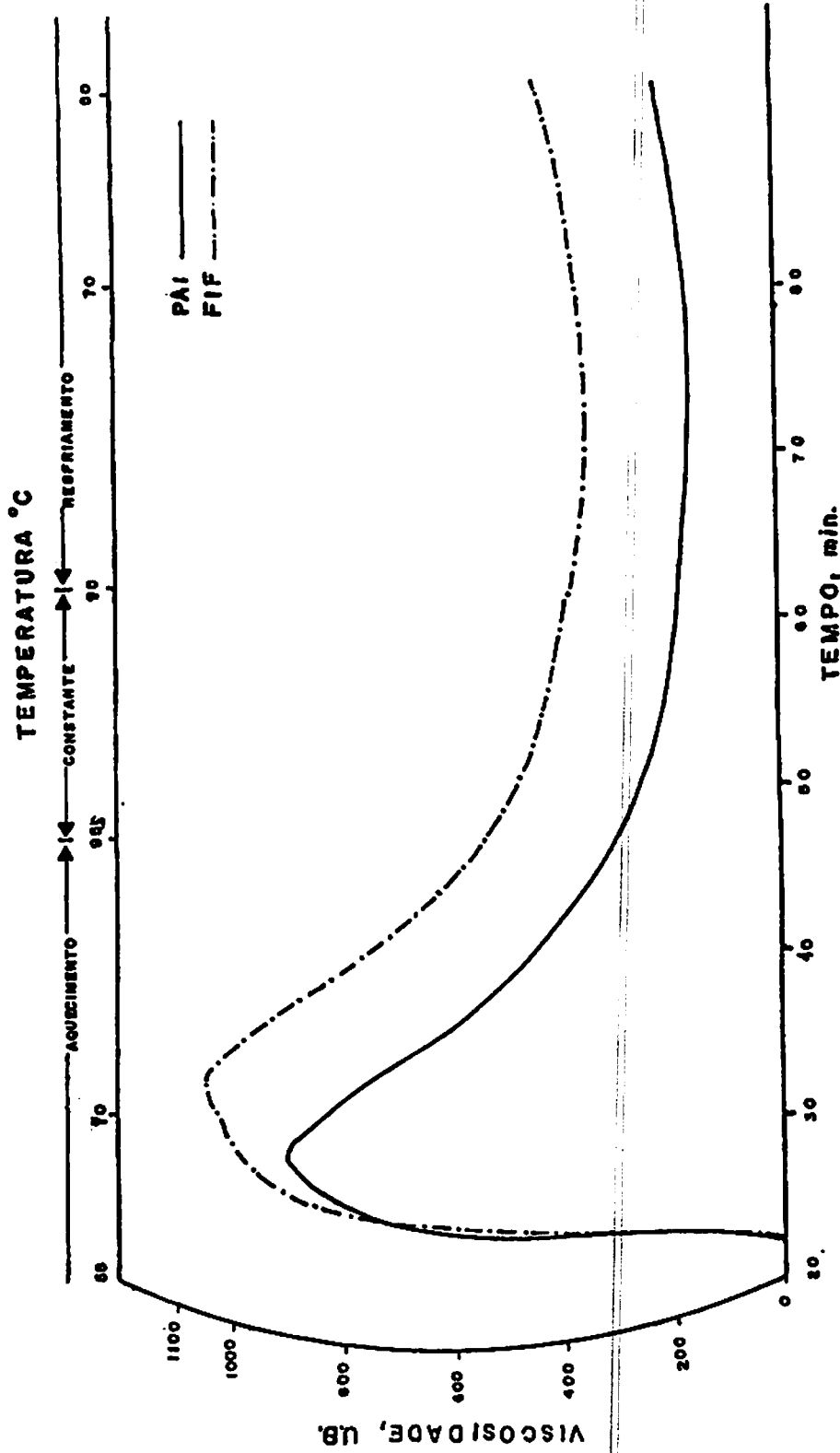


FIGURA 7. AMIOLOGRAMA DE FECULA IMPURA FERMENTADA (FIF) E POLVILHO AZEDO DA INDUSTRIA (PAI).

durante todo o ciclo (aquecimento, agitação constante da pasta quente, resfriamento e agitação da pasta fria) foi registrado no viscoamilógrafo, e os dados podem ser vistos nas Tabelas 11,12,13,14 e 15 e figuras 3,4,5,6 e 7.

Observa-se nas Tabelas 11 e 12, que, à semelhança da temperatura de gelatinização, os valores não possuem um comportamento regular com relação as variedades e épocas de colheita, e as diferenças são pequenas.

Quando comparamos, porém, a FPNF com FPF (Tabela 14, 15) observamos uma diferença marcante na viscosidade máxima, e uma pequena diferença na viscosidade a 50°C. Estas observações também podem ser vistas nas Figuras 3, 4, 5, e 6. A menor viscosidade na fécula fermentada vem colaborar com a suposição anterior de que o processo fermentativo provoca uma modificação estrutural no amido.

Estas diminuições na viscosidade são, ainda, mais evidentes na FIF e da indústria (Tabela 13 e Figura 7). Nestes polvilhos, além das viscosidades, nota-se também uma diminuição de temperatura no pico. Resultados semelhantes foram encontrados nas literaturas (15,18,30,55,54 e 58).

4.1.3 - Poder de inchamento (PI) e índice de solubilidade (IS)

O poder de inchamento e índice de solubilidade foram estudadas com três diferentes temperaturas, 50, 70 e 90°C. Os resultados são apresentados nas tabelas 16, 17, 18, 19, e 20 e nas figuras 8, 9, 10 e 11

Como nos resultados anteriores, pela falta de uniformidade dos dados, principalmente com relação as variações entre variedade e épocas, não foi possível concluir sobre o efeito destas variáveis nos índices analisados (Tabelas 16, 17 e Figuras 8 e 9). As diferenças foram também pequenas neste caso. Estes dados de PI e IS, concordam com os de AMANTE (2) e ROSENTHAL (63).

Se comparamos, entretanto, as Tabelas 18, 19 e 20, e as Figuras 8, 9, 10 e 11, vamos verificar que a fermentação exerce efeito sobre o PI e IS, aumentando em ambos os casos. As diferenças são pequenas entre a FPNF e a FPF sendo bem maiores quando comparamos estes com as FIF e da indústria. Os índices da indústria foram superiores, nas três temperaturas, aos da FIF. Trabalhos feitos por NAKAMURA & PARK (55) NAKAMURA (53) e CAMARGO et alii (10) com polvilho azedo industrial e fécula pura chegaram a resultados semelhantes.

TABELA 16 PODER DE INCHAMENTO E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES*

VARIEDADE	MESES DE IDADE	PODER DE ** INCHAMENTO			ÍNDICE DE *** SOLUBILIDADE		
		50°C	70°C	90°C	50°C	70°C	90°C
IRACEMA	12	1,98	32,28	53,80	0,49	13,59	20,70
	14	2,01	35,04	56,70	0,65	14,36	20,10
	16	2,30	33,20	48,80	0,36	15,60	23,37
	18	2,22	33,60	55,79	0,46	15,89	22,90
GUAXUPÉ	12	2,24	29,56	48,98	0,56	14,89	25,78
	14	2,67	29,99	47,85	0,56	12,83	25,30
	16	2,07	33,67	56,97	0,49	13,76	29,08
	18	2,18	31,69	53,67	0,58	15,32	20,34
ENGANA-LADRÃO	12	2,20	33,56	48,67	0,35	13,59	25,78
	14	2,06	29,78	50,09	0,57	14,70	26,78
	16	2,89	34,57	49,67	0,46	15,45	25,18
	18	2,67	35,78	52,50	0,49	14,99	26,75

* Valores médios de três repetições
 ** gramos de água/gramos de sedimento
 *** % do total de amido

TABELA 17 PODER DE INCHAMENTO E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE DE FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES

VARIEDADE	MESES DE IDADE	PODER DE **			ÍNDICE DE ***		
		50°C	70°C	90°C	50°C	70°C	90°C
IRACEMA	12	2,48	33,68	58,79	0,59	16,89	25,89
	14	2,35	36,78	59,61	0,57	16,56	30,67
	16	2,46	35,46	49,64	0,56	15,87	24,97
	18	2,49	35,69	49,80	0,55	15,87	25,78
GUAXUPÉ	12	2,47	36,68	45,10	0,48	14,68	26,80
	14	2,99	38,89	58,09	0,58	16,45	26,50
	16	3,00	36,80	57,51	0,53	15,54	27,65
	18	2,74	37,47	49,68	0,52	15,53	26,54
ENGANA-LADRAO	12	2,67	37,35	54,81	0,49	14,47	28,67
	14	2,56	37,54	57,51	0,50	14,46	27,65
	16	2,45	34,65	60,79	0,45	16,54	26,80
	18	2,79	37,82	56,57	0,55	16,45	26,02

* Valores médios de três repetições
 ** gramos de água/gramos de sedimento
 *** % do total de amido

TABELA 18. PODER DE INCHAMENTO E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE DE FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL*

VARIEDADE	PODER DE ** INCHAMENTO			ÍNDICE DE *** SOLUBILIDADE		
	50°C	70°C	90°C	50°C	70°C	90°C
IRACEMA	2,69	39,43	66,79	0,69	29,89	58,03
POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL	3,10	43,75	73,68	0,79	41,68	61,62

* Valores médios de três repetições
 ** gramos de água/gramos de sedimento
 *** % do total de amido

TABELA 19. PODER DE INCHAMENTO E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) E FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA DE 18 MESES DE IDADE E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL (PAI)*

AMOSTRA	PODER DE INCHAMENTO			ÍNDICE DE SOLUBILIDADE		
	50°C	70°C	90°C	50°C	70°C	90°C
FPNF	2,22	33,60	55,79	0,96	15,89	22,90
FPF	2,49	35,69	49,80	0,55	15,87	25,78
FIF	2,69	39,43	66,75	0,65	29,89	58,03
PAI	3,10	43,75	73,68	0,79	41,68	61,62

* Valores médios de três repetições

TABELA 20. PODER DE INCHAMENTO E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (NF) E FÉCULA PURA FERMENTADA (F) DE TRÊS VARIETADES DE MANDIOCA IRACEMA, GUAXUPÉ E ENGANA-LADRAO DE 18 MESES DE IDADE*

VARIETADE	PODER DE INCHAMENTO			ÍNDICE DE SOLUBILIDADE								
	509C	709C	909C	509C	709C	909C						
	NF	F	NF	F	NF	F						
IRACEMA	2,22	2,49	33,60	35,69	55,79	49,00	0,46	0,35	15,89	15,87	22,90	25,78
GUAXUPÉ	2,18	2,74	31,69	37,47	53,67	49,68	0,58	0,52	15,32	15,53	20,34	26,54
ENGANA-LADRAO	2,67	2,79	35,78	37,82	52,50	56,57	0,49	0,55	14,99	16,45	26,75	26,02

* Valores médios de três repetições

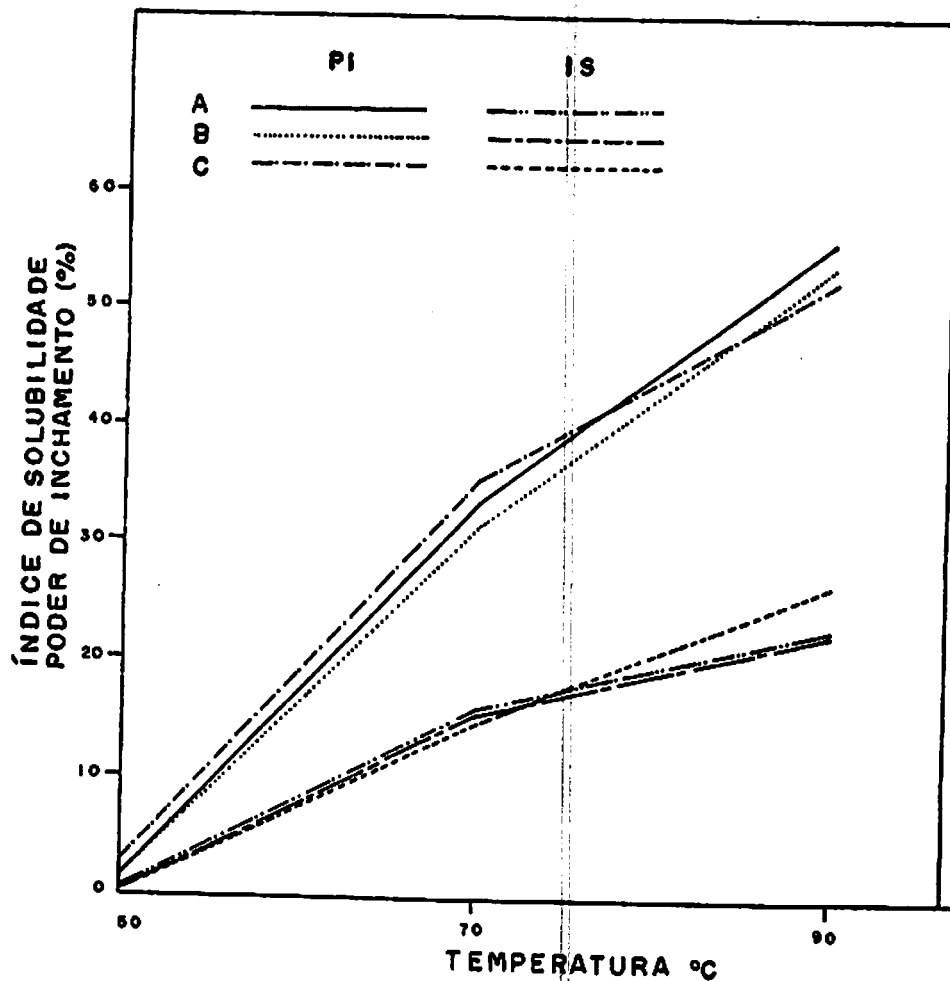


FIGURA 8. PODER DE INCHAMENTO (PI) E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE (IS) DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA; IRACEMA (A), GUAXUPÉ (B) E ENGANA-LADRÃO (C) DE 18 MESES DE IDADE.

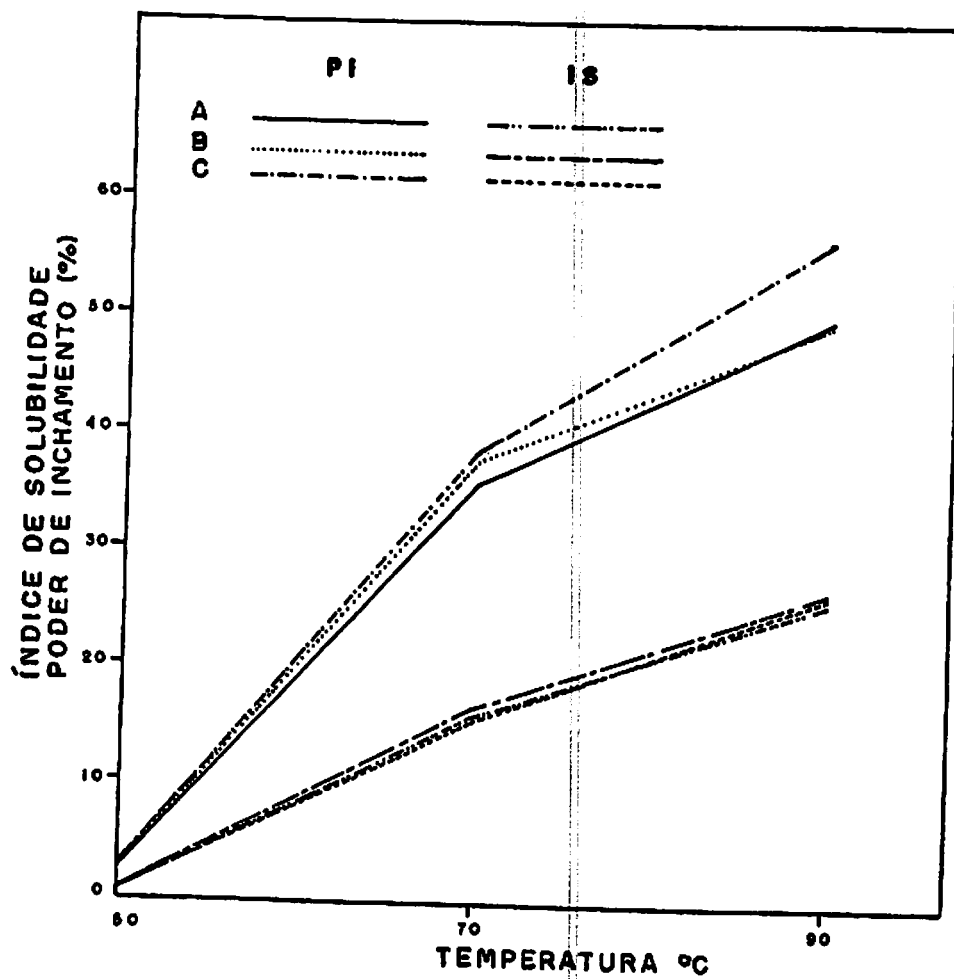


FIGURA 9 PODER DE INCHAMENTO (PI) E ÍNDICE DE SOLUBILIDADE (IS) DE FÉCULA PURA FERMENTADA DE TRÊS VARIÉDADES DE MANDIOCA; IRACEMA (A), GUAXUPÉ (B) E ENGANA-LADRÃO (C) DE 18 MESES DE IDADE.

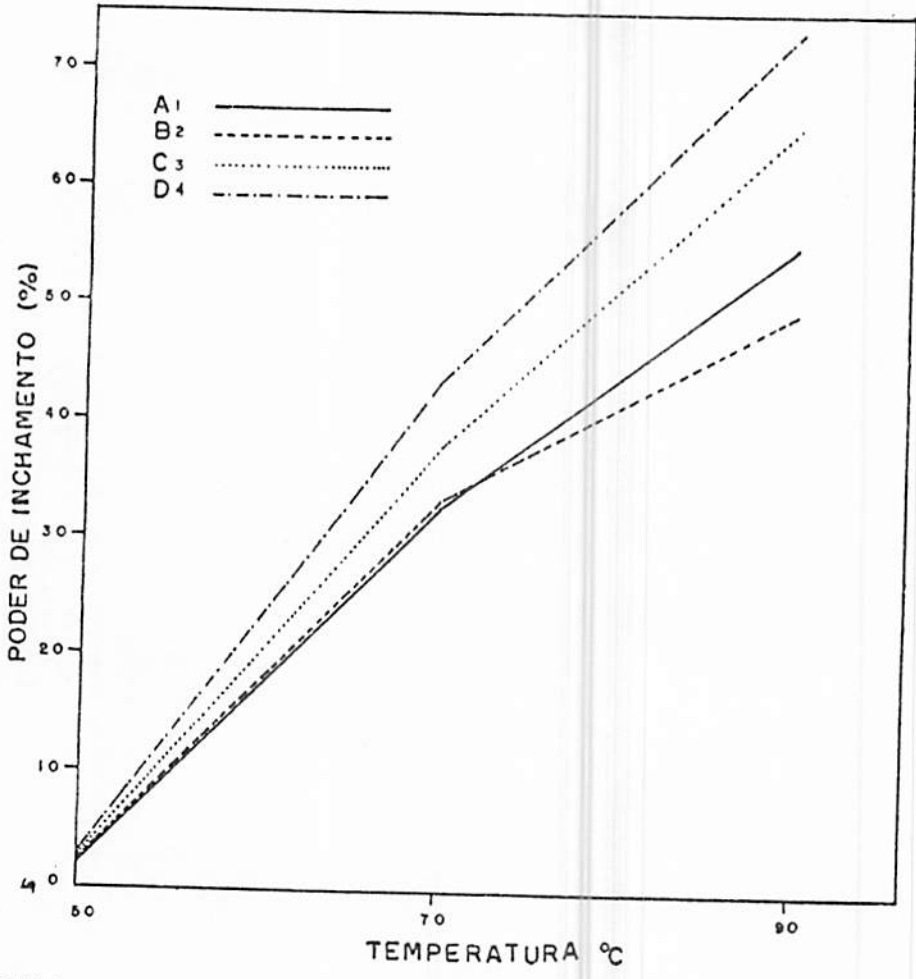


FIGURA 10. PODER DE INCHAMENTO DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (A1), FÉCULA PURA FERMENTADA (B2), FÉCULA IMPURA FERMENTADA (C3) E POLVILHO AZEDO DA INDÚSTRIA (D4), DE 18 MESES DE IDADE.

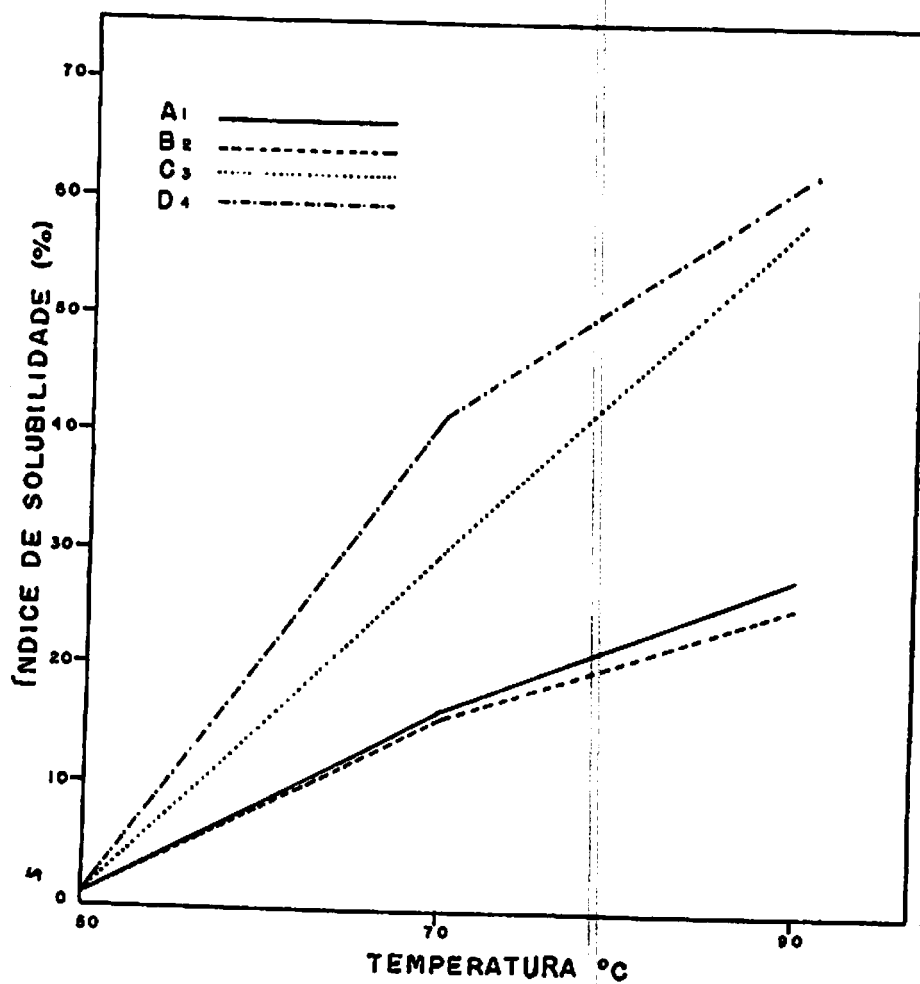


FIGURA 11 ÍNDICE DE SOLUBILIDADE (IS) DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (A1), FÉCULA PURA FERMENTADA (B2), FÉCULA IMPURA FERMENTADA (C3) E POLVILHO AZEDO DA INDÚSTRIA (D4) DE 18 MESES DE IDADE.

O aumento de PI e IS da FIF colaboram com a hipótese de que há um enfraquecimento nos grânulos, fato este já constatado pela menor temperatura de gelatinização (item 4.1.1) e menores picos de viscosidade (item 4.1.2).

4.1.4 - Viscosidade intrínseca, densidade absoluta, amido danificado

Estas análises foram feitas com o objetivo de confirmar possíveis modificações físicas e químicas nos grânulos. Os resultados estão nas Tabelas 21,22,23 e 24.

Os valores de viscosidade intrínseca das variedades Iracema, Guaxupé e Engana-Ladrão variaram de 1,3077-2,1530, 1,6606-2,2240 e 1,3801-2,3480, respectivamente, enquanto que para a densidade estiveram nas faixas de 1,53439-1,6330, 1,50919-1,55433 e 1,50309-1,52304, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com CIACCO & D'APPOLONIA (34) para a viscosidade intrínseca, que encontraram valores nas faixas de 1,80-2,40. Os valores de densidade absoluta concordam com os de NARA (56) de 1,5200 g/ml. Entretanto, AMANTE (2) apresentou valores na faixa de 1,2424-1,2894, um pouco mais baixos.

O efeito da fermentação sobre a viscosidade intrínseca, densidade absoluta e amido danificado pode ser visto comparando as Tabelas 21,22,23, e 24. A fermentação diminui a viscosidade

TABELA 21 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES*

VARIÉDADE	MESES DE IDADE	VISCOSIDADE INTRÍNSECA ml/g	DENSIDADE ABSOLUTA g/ml	AMIDO DANIFICADO (%)
IRACEMA	12	1,3077	1,6096	0,875
	14	2,0079	1,5344	0,925
	16	2,0920	1,6330	1,700
	18	2,1530	1,6240	1,400
GUAXUPÉ	12	1,6606	1,5092	1,225
	14	2,2031	1,5247	1,000
	16	2,2100	1,5537	0,820
	18	2,2240	1,5543	0,925
ENGANA-LADRÃO	12	1,3809	1,5031	0,630
	14	2,3269	1,5090	0,730
	16	2,3457	1,5149	0,650
	18	2,3480	1,5230	0,990

* Valores médios de três repetições

TABELA 22. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA, COLHIDAS EM ÉPOCAS DIFERENTES*

VARIEDADES	MESES DE IDADE	VISCOSIDADE INTRÍNSECA ml/g	DENSIDADE ABSOLUTA g/ml	AMIDO DANIFICADO (%)
IRACEMA	12	1,7641	1,4830	1,453
	14	1,6723	1,5182	1,375
	16	1,8348	1,4361	1,396
	18	1,8776	1,4660	1,567
GUAXUPÉ	12	1,6388	1,4648	1,398
	14	1,6843	1,4849	1,267
	16	1,5884	1,4909	0,996
	18	1,7560	1,5649	1,325
ENGANA-LADRÃO	12	1,6549	1,5033	1,356
	14	1,6648	1,4327	1,475
	16	1,6870	1,4977	1,496
	18	1,8814	1,4430	1,286

* Valores médios de três repetições

TABELA 23 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DA FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL*

AMOSTRAS	VISCOSIDADE INTRÍNSECA ml/g	DENSIDADE ABSOLUTA g/ml	AMIDO DANIFICADO (%)
IRACEMA	1,4558	1,4984	2,830
POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL	1,0900	1,4416	2,900

* Valores médios de três repetições

TABELA 24 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO QUÍMICAS DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF) E FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF) DE TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA IRACEMA, GUAXUPÉ E ENGANA-LADRÃO DE 18 MESES DE IDADE*

VARIEDADE	VISCOSIDADE INTRÍNSECA		DENSIDADE ABSOLUTA		AMIDO DANIFICADO	
	ml/g		g/ml		%	
	FPNF	FPF	FPNF	FPF	FPNF	FPF
IRACEMA	2,153	1,878	1,624	1,466	1,400	1,567
GUAXUPÉ	2,224	1,756	1,554	1,565	0,925	1,325
ENGANA-LADRÃO	2,348	1,881	1,523	1,443	0,990	1,286

* Valores médios de três repetições

intrínseca e a densidade absoluta dos grânulos e aumenta o teor de amido danificado

Como não encontramos na literatura trabalhos relativos a estes índices, comparando fécula fermentada e não fermentada, realizou-se uma análise estatística com os dados da FPNF, FPF, FIF da variedade Iracema e polvilho azedo da indústria. Os resultados podem ser vistos na Tabela 25.

Pelo teste de tuckey (Tabela 25) podemos ver que houve diferença entre todos os amidos para a viscosidade intrínseca, com maiores valores para a fécula pura e menores valores para o polvilho da indústria. Com relação à densidade absoluta, somente a fécula pura mostrou-se diferente, com valor superior aos demais. Para o amido danificado todos os valores foram diferentes, com maiores teores no polvilho da indústria e menores na fécula pura.

Estas modificações podem estar relacionadas com aquelas encontradas anteriormente. Assim, obtivemos menores viscosidades intrínseca e no vicoamilógrafo, demonstrando uma vez mais a possibilidade de modificações internas nos grânulos fermentados. A diminuição de densidade e o aumento de amido danificado podem vir a comprovar modificações de ordem física nos grânulos.

TABELA 25 ANÁLISE ESTATÍSTICA DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E FÍSICO-QUÍMICAS DE FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), FÉCULA PURA FERMENTADA, (FPF) FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA DE 18 MESES DE IDADE E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL (PAI)*

AMOSTRA	VISCOSIDADE INTRÍNSECA ml/g	DENSIDADE ABSOLUTA g/m	AMIDO DANIFICADO (%)
FPNF	2,1530 a	1,6240 a	1,400 d
FPF	1,8776 b	1,4660 b	1,567 c
FIF	1,4313 c	1,4784 b	2,750 b
PAI	1,0899 d	1,4422 b	2,900 a

* Valores médios de três repetições.

** Médias seguidas das mesmas letras na columna não diferem entre si pelo teste de tuckey, ao nível 5% de probabilidade ($P < 0,05$)

4 1 5 - Testes de produção de biscoitos

O teste foi feito com o propósito de obter informações da qualidade do polvilho azedo feito no laboratório com fécula pura, fécula impura e polvilho azedo da indústria. Após o cozimento foram calculadas a expansão e densidade dos biscoitos.

Na Tabela 26 observamos os dados de expansão e densidade. Na Figura 12 podemos ver a aparência e expansão dos biscoitos feitos de FIF (1) e polvilho azedo da indústria (2), e na Figura 13 os biscoitos feitos com fécula pura fermentada.

Os polvilhos da indústria tiveram maior expansão e menor densidade que os de FIF. Quando utilizou-se, entretanto, a fécula pura para a produção de polvilho, nota-se pelos dados da Tabela 26 e pela Figura 13 que não houve expansão e os produtos apresentaram-se mais densos, duros e quebradiços.

A densidade do biscoito é uma prova para determinar a absorção de água na massa. Quanto menor a absorção, mais densa se apresenta a massa e quanto maior a absorção, menos densa será a massa. Uma massa densa produz um biscoito de pior qualidade.

A qualidade tecnológica do polvilho pode estar também relacionada com as características determinadas neste trabalho, e estas últimas (expansão e densidade) poderão vir a ser

TABELA 26. PROPRIEDADES FÍSICAS DOS BISCOITOS FEITOS COM POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL, FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) DE MANDIOCA E FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF)*

VARIETADES	EXPANSÃO	*** DENSIDADE
POLVILHO AZEDO		
INDUSTRIAL	2,22	0,10
IRACEMA (FIF)	1,54	0,26
IRACEMA (FPF)	1,00	0,65
GUAXUPÉ (FPF)	1,00	0,68
ENGANA-LADRÃO (FPF)	1,00	0,53

* Valores médios de três repetições

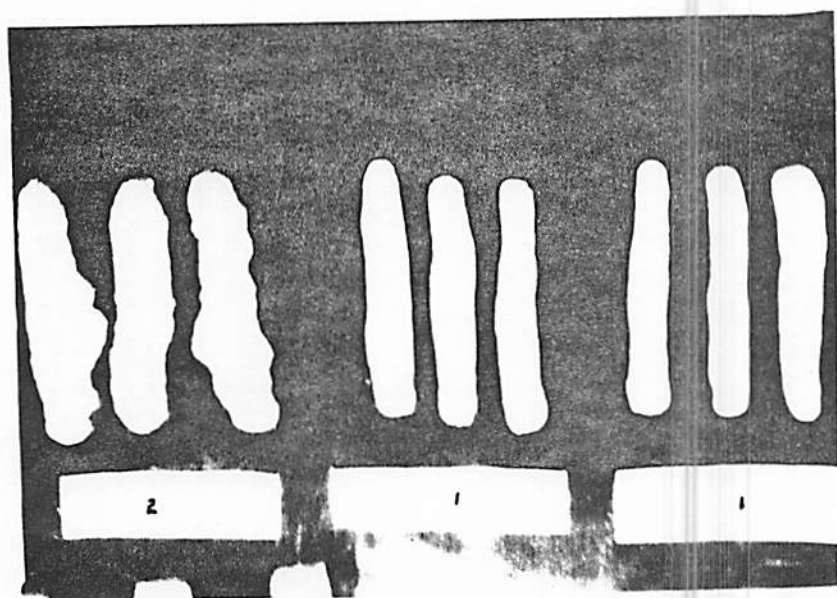


FIGURA 12. BISCOITOS FEITOS COM FÉCULA IMPURA FERMENTADA (1) E POLVILHO AZEDO DA INDÚSTRIA (2)

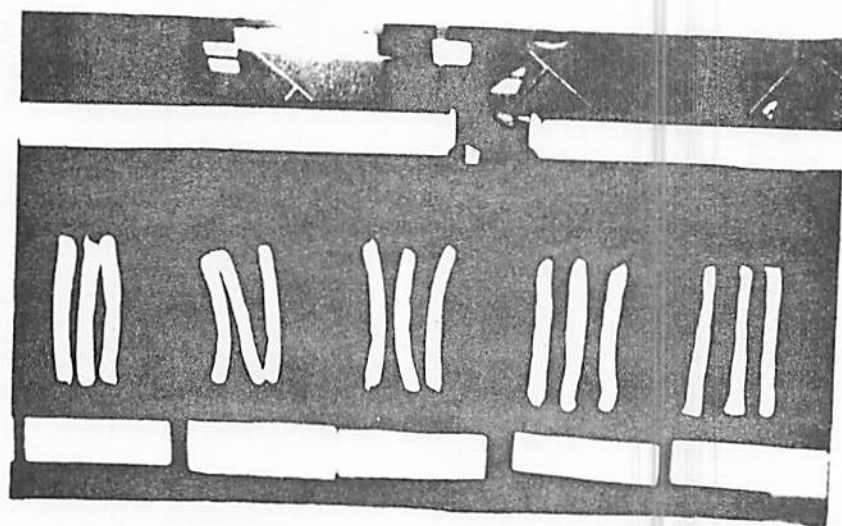


FIGURA 13. BISCOITOS FEITOS COM FÉCULA PURA FERMENTADA

utilizadas como padrões de qualidade do polvilho, tendo em vista que o comportamento do amido nas fases de mistura e cozimento tem grande influência na qualidade do biscoito.

5. CONCLUSÕES

Existe pouca diferença entre as variedades e épocas de colheita no que se refere a composição química das féculas pura não fermentada e fécula pura fermentada das cultivares Iracema, Guaxupé e Engana-Ladrão. Porém, quando se compara as mesmas com a fécula impura fermentada e o polvilho da indústria, observa-se diferenças acentuadas quanto aos teores protéicos e de cinzas e considerável diminuição de açúcares redutores.

Não foi possível dar uma opinião da influência do poder de inchamento e índice de solubilidade no que se refere a fécula pura não fermentada e fécula pura fermentada por apresentar dados similares. Entretanto, o polvilho impuro, quando fermentado, apresentou maior solubilidade e entumescimento em água do que o polvilho doce.

No visco-amilógrafo observou-se que as pastas dos amido não fermentados são mais viscosas que as dos polvilhos azedos.

A retrogradação é maior em fécula pura não fermentada que em féculas impuras fermentadas.

Verificou-se que a fermentação diminui a viscosidade intrínseca e a densidade absoluta dos grânulos e aumenta o teor de amido danificado. As diferenças foram maiores para a fécula impura fermentada. Estas alterações comprovam modificações nos grânulos de amido após a fermentação.

Não se pode especificar qual das três variedades é melhor para produção do polvilho azedo, porque na fabricação de biscoitos, não houve expansão, talvez pelo excesso de purificação dos amidos.

O amido impuro fermentado em condições semelhantes às da indústria teve expansão afirmando que o processo de extração influi muito para a boa ou má fermentação, afetando a qualidade do biscoito.

6. RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito da fermentação nas propriedades dos amidos de três variedades de mandioca (Manihot esculenta, Crantz), Iracema, Guaxupé e Engana-Ladrão, colhidas aos 12,14,16 e 18 meses de idade. A fermentação foi realizada com féculas puras e impuras (sem centrifugação) obtidas no laboratório. Os dados obtidos da variedade Iracema foram comparados com um polvilho industrial. Foi analisado a composição química, solubilidade, poder de inchamento, viscosidade Brabender, viscosidade intrínseca, densidade absoluta e teor de amido danificado das amostras de polvilhos doces e azedos. Não houve diferença na composição química das féculas puras e puras fermentadas, entretanto, as impuras fermentadas apresentaram maiores teores de proteína e cinza. O poder de inchamento e índice de solubilidade também apresentaram pouca variação entre as féculas pura não fermentada e pura fermentada, e foram maiores na fécula impura fermentada. A viscosidade Brabender, principalmente com relação ao pico, foi menor para as féculas fermentadas. A fermentação diminuiu a viscosidade intrínseca e densidade absoluta dos grânulos e

aumentou o teor de amido danificado, com maiores diferenças para a fécula impura fermentada. Na confecção dos biscoitos a fécula pura fermentada não apresentou expansão, entretanto, quando se utilizou a fécula impura fermentada a expansão foi quase semelhante a do polvilho azedo industrial.

7. SUMMARY

This research aimed at studying the effect of fermentation on starch properties from three cassava cultivar (Manihot esculenta, Crantz) Iracema, Guaxupé, and Engana-Ladrão, harvested at 12, 14, 16 and 18 months of age. Fermentation was done with pure and impure (without centrifugation) starches obtained in the laboratory. Data from Iracema cultivar was compared with a commercial tapioca starch. There were analysed chemical composition, solubility, swelling capacity, Brabender viscosity, intrinsic viscosity, absolute density, and amount of damaged starch from samples of sweet and sour starches. There was no difference in chemical composition between pure and fermented pure starches, however, fermented impure starch presented higher amounts of protein and ash. Swelling capacity and solubility index also presented small variation between non fermented pure and fermented pure starches, and were higher in the fermented impure starch. Brabender viscosity, specially in relation to the maximum, was smaller for fermented starches. Fermentation reduced intrinsic viscosity, and absolute density of granules, and increased the amount of damaged starch, with

greater differences for fermented impure starch. For making biscuit the fermented pure starch did not present expansion, but when there was used fermented impure starch the expansion was almost similar to the commercial sour tapioca starch.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 - ALBUQUERQUE, M.de & CARDOSO, E.M.R. A mandioca no trópico úmido. Brasília, Editerra, 1980. 251.
- 2 - AMANTE, E.R. Caracterização de amido de variedades de mandioca (Manihot esculenta, Crantz) e de batata doce (Ipomoea batata). Viçosa, U.F.V, 1986. 109p. (Tese MS).
- 3 - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Cereal laboratory methods. Saint Paul, Fed., AACC, 1962. v.4
- 4 - ASCHERI, J.L. Extração e caracterização de amido de adlay (coix lacryma jobi L.). Campinas, UNICAMP, 1987. 111p. (Tese MS).
- 5 - ASSOCIACION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analyses of the association of official analytical chemists. 4 ed. Virginia, 1984. 1094p.

- 6 - AYRES, C.A. Manioc. Food Technology, Illinois, 26(4)129-139, Abr. 1972.
- 7 - BECK, H. Arroz, milho e mandioca. Revista Brasileira de Química, São Paulo, 16(246):357-63, 1956.
- 8 - BROMELIUS. Mandioca "For ever" carimã e polvilho azedo. Chácaras e Quintais, São Paulo, 62(4):440-1, out. 1940.
- 9 - BUCKLE, T.S.; CASABIANCA, E.M. & CARDENAS, O.S. Characterization of colombian Maize starches. Die Starke, Weinheim, 24(9):293-2, Set. 1972.
- 10 - CAMARGO, C.; COLONNA, P.; BULEOB, A. & MOLARD, D.R. Functional properties of sour cassava (Manihot utilissima) starch: Polvilho azedo. Journal of the Science of Food and Agriculture, Osney Mead, 45(3)273-89, Mar. 1988.
- 11 - CARDENAS, O.S. & BUCKLE, T.S.de. Sour cassava starch production: a preliminary study. Journal of Food Science, 45(6)1509-28, Nov./Dec. 1980.

- 12 - CARVALHO, V.D. de.; CHALTOON, S.M.; TANAKA, M.A. de.; MORAES, A.R. de. & CARDOSO, D.A.M. de. Influência da época de colheita sobre a produtividade e composição química de cultivares de mandioca. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA DE MINAS GERAIS. Projeto Mandioca. Relatório, 76/79. Belo Horizonte, 1982. p.25-38.
- 13 - CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. Utilização de la yuca. In:----- Programa de yuca. Cali, 1981. p231.
- 14 - CEREDA, M.P. Alguns aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. Botucatu, faculdade de ciências Médicas e Biológicas, 1973. 89p. (Tese MS).
- 15 - ----- . Avaliação da qualidade de duas amostras de féculas fermentadas de mandioca (Polvilho azedo). Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia, Campinas, 17(3):305-320, jul./set. 1983.
- 16 - ----- . Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). I. características viscográficas e absorção de água 1. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das almas, 3(2):7-13, jul./dez. 1985.

- 17 - CEREDA, M. P. Avaliação da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca. II. Características físico-químicas e absorção de água 1. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, 3(2):15-20, jul./dez. 1985.
- 18 - ----- . Determinação da viscosidade em fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia, Campinas, 17(1):15-24. jan./mar. 1983.
- 19 - ----- . Esterilização de amido de mandioca (Manihot utililissima, FOHL). Ciência Tecnologia de Alimentos, 4(2):139-57, jul./dez. 1984.
- 20 - ----- . Estudos físico-químicos e microbianos da esterilização e da fermentação da fécula da mandioca. Botucatu, UNESP, 1981. 155p. (Tese Doutorado).
- 21 - ----- . Padronização para ensaios de qualidade da fécula de mandioca fermentada (polvilho azedo). I. Formulação e preparo de biscoitos 1. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia, Campinas, 17(3):287-95, jul./set. 1983.

- 22 - 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, Campinas, 17(3):297-304, jul./set. 1983.
- 23 - ----- . Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 13(145):63-8, jan. 1987.
- 24 - ----- & 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, 3(2):21-30, jul./dez. 1985.
- 25 - ----- & CATANEO, A. Avaliação de parâmetros de qualidade da fécula fermentada de mandioca. Revista Brasileira de Mandioca, Cruz das Almas, 5(1):55-62, jan./jun. 1986.
- 26 - ----- & ----- . Avaliação de parâmetros que influem na qualidade do polvilho azedo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 4, Balneário Camburiú, 1986. Resumo... Balneário Camburiú. Sociedade brasileira de de Mandioca, 1986. p.62.

- 27 - CEREDA, M.P. & LIMA, V.A.de. Aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. II. Controle das fermentações realizadas em laboratório 1. Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia, Campinas, 15(2): 107-22, abr./jun. 1981.
- 28 - ----- & ----- . Aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. III. Determinação dos ácidos orgânicos 1, Turrialba, Costa Rica, 35(1):19-24, 1985.
- 29 - -----; LIMA, V.A.de. & BRASIL, M.A.M. Aspectos da fermentação da fécula de mandioca. I. Características de polvilho azedo comercial. Revista de Agricultura, Piracicaba, 56(4):219-30, dez. 1981.
- 30 - -----; ----- & ----- . Características do polvilho azedo comercial. Ciência e Cultura, São Paulo 26: 459-60, 1974. (Suplemento).
- 31 - -----; NAKAMURA, L.M.K.; GHIOTTI, A.M.T.; ESPINDOLA, L. & NAKAMURA, T. Amidos de mandioca. Influência da maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 1, Bahia, 1981. Anais... Bahia, EMBRAPA. Pesquisas Agronômicas, 1981. V.1, P.459-81.

- 32 - CEREDA M.P.; PUPO, V.L.; LIMA J. de.; CATANEO, A. & NUNES O.l.G. da. Caracterização de polvilho azedo de duas regiões produtoras de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 5, Fortaleza, 1988. Resumo... Fortaleza, Sociedade Brasileira de Mandioca, 1988. p.14.
- 33 - CIACO, C.F. & CRUZ, R. Fabricação do amido e sua utilização. São Paulo, Secretaria da Indústria, Comércio, Tecnologia, 1982. 152p.
- 34 - ----- & D'APPOLONIA, B.L. Characterization of starches from various tubers and their use in Bread-Baking. Cereal Chemistry, St. Paul, 54(5):1096-1107, Set./Oct. 1978.
- 35 - FIGUEIREDO, A.P.de. Sobre a indústria da mandioca: amidon gomme ou polvilho. Chácaras Quintais, São Paulo, 53:99-103, 1936.
- 36 - FORSTER, J.F. Physical properties of amilose and amilopectin in solution. In: WHISTLER, R. L. & PASCHALL, E.F. ed. Starch: Chemistry and Technology. London, Academic Press, 1965. v1, chap. 15, p349-91.

- 37 - GERLSMA, S.Y. Gelatinization temperature of starch, as influenced by polyhydric and monohydric alcohols, phenols carbocyclic, acidic and some other additions. Starke, Weinheim, 22(1):1-3, Jan. 1970.
- 38 - HOLLEMAN, L.W.J. & ATEN, A. Processing of cassava and cassava products in rural industries. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, 1956. 115p. (FAO. Agricultural development, 54).
- 39 - KERR, R.W. Chemistry and industry of starch. 2.ed. New York, Academic Press, 1950. 719p.
- 82
- 40 - KETIKU, A.O. & OYENUGA, V.A. Changes in the carbohydrate constituents of cassava root-tuber (Manihot utilisima Pohl) during growth. Journal Science Food Agriculture, London, 23(12):1451-56, Dec. 1972.
- 41 - KITE, F.E.; MAYWALD, E.C. & SCHOCH, J.J. Functional properties of food starches. Die Starke, Weinheim, 15(4): 131-8, Apr. 1963.
- 42 - LEACH, H.W. Determination of intrinsic viscosity of starches. Cereal Chemistry, St. Paul, 40(6):593-601, Nov. 1963.

- 43 - LEACH, H.W. Gelatinization of starch. In: WHISTLER, R.C. & PASCHALL, E.F. Starch: Chemistry and technology. 4. ed. London, Academic Press, 1965. v.2, cap.11, p.289-307.
- 44 - -----; McCOWEN, L.D.; & SCHOCH, T.J. Structure of the starch granule. I. Swelling and solubility patterns of various starches. Cereal chemistry, St. Paul, 36 (6):534-44, Nov. 1959.
- 45 - ----- & SCHOCH, T.J. Structure of the starch granule. II. Action of various amylases on granular starches. Cereal chemistry, St. Paul, 38(1):34-46, Jan. 1961.
- 46 - LEME, J,R,J. Amideria e fecularia. In. ENCICLOPÉDIA DELTA LAROUSSE. 2.ed. Rio de Janeiro, Delta, s.d. V.14. p.7652-7656.
- 47 - LII, C & CHANG, S.M. Studies on the starches in Taiwan. I. Sweet potato, cassava, yam and arrowroot starches. Proceedings of the National Council, Taipei, 2(4):416-23 1978.

- 48 - LIMA, V.A.de. Beneficiamento e industrialização da mandioca. In: SAO PAULO. Ministério da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado. Mandioca; Produção, pré processamento e transformação agroindustrial. São Paulo, 1982. v.4, parte B. 42p. (Série: Extensão Agroindustrial).
- 49 - LINEBACK, D.R. The starch granule organization and properties. Bakers Digest, Kansas City, 58(2):16-21, Mar./Apr. 1984.
- 50 - MAZURS, E.G.; SCHOCH, T.J. & KITE, F.E. Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of various starches. Cereal Chemistry, st. paul, 34(3):141-52, May. 1957.
- 51 - MILES, M.J.; MORRIS, V.J.; ORFORD, P.D. & RING, S.G. The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch. Carbohydrate Research, Amsterdam, (135):271-81, 1966.
- 52 - MOORTHY, S.N. & RAMANUJAM, T. Variation in properties of starch in cassava varieties in relation to age of the crop. Starch/Starke, Weinheim, 38(2):58-61, Sept. 1986.

- 53 - NAKAMURA, I M. Contribuição ao estudo da fécula de mandioca fermentada. Campinas, UNICAMP, 1975. 79p. (Tese MS).
- 54 - -----; MORAES, I.O.; MARTUCCI, E.T. Considerações sobre a tecnologia da fécula de mandioca fermentada, produção, propriedades físico-químicas e aplicações. Científica, Jaboticabal, 4(2):196-202, 1976.
- 55 - ----- & PARK, Y.K. Some physico-chemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo). Die Starke, Weinheim, 27(9):295-7, Sept. 1975.
- 56 - NARA, S. On the relationship between specific volume and crystallinity of starch. Starch/Starke, Weinheim, 31(3):73-75, Mar. 1979.
- 57 - NELSON, N.A. A photometric adaptation of somogy method for the determination of glucose. Journal of Biological Chemistry, Baltimore, 153:375-80, 1944.
- 58 - PACHECO, J.A.C. de. Viscosidade da fécula de variedades de mandioca. II. Curvas viscosimétricas das variedades Branca de Santa Catarina, Brava de Itu e Cafelha, determinadas em amostras preparadas em laboratório. Bragantia, Campinas, 11(4-6):133-9, abr./jun. 1951.

- 59 - PARK, Y.K.; BAR, W.H. & PAPINI, R.S. Relação entre intumescimento, gelatinização e suscetibilidade dos amidos de mandioca e de milho à alfa-amilase bacteriana. Revista Brasileira de Tecnologia, São Paulo, 2(2):95-9, jun. 1971.
- 60 - PEREIRA, C.S & CARVALHO, D.A de. Botânica da mandioca. (Manihot esculenta, Crants). Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 5(59/60):31-7, jan. 1979.
- 61 - PIZZINATTO, A. & CAMPOS, S.D.S. da. Correlação entre viscosidades do viscosímetro Epprecht e do viscógrafo Brabender determinadas em suspensão de amido de mandioca. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 21(4):527-36, out./dez. 1984.
- 62 - REIS, J.A. dos. Aspectos econômicos da mandioca. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 13(145):3-8, jan. 1987.
- 63 - ROSENTHAL, F.R.T. Industrialização do amido de mandioca; variedades do Estado de Minas Gerais. Rio de Janeiro Ministério de Indústria e do Comércio. Instituto Nacional de tecnologia, 1973. 53p.

- 64 - ROSENTHAL, F.R.T.; BARBOSA, C.M.; MELLO, A.P. & SILVA, S. M.O. Características dos grânulos de 11 variedades precedente do Estado de Minas Gerais. Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 44(1):55-60, jan. 1972.
- 65 - -----; ESPINDOLA, L.; MELLO, A.P. & CORRÊA, A.N. Amidos de mandioca. 3. Algumas propriedades úteis em variedades de Minas Gerais. Revista Brasileira de Tecnologia, São Paulo 5(3/4):173-84, set./dez. 1974.
- 66 - -----; ESPINDOLA, L.; TELLES, A.M.P. & NAKAMURA, T. Amidos de mandioca. 4 principais variedades da região Bragantina (PARÁ). Informativo do Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro, 7(2):28-40, jan./mar. 1974.
- 67 - -----; GHIOTTI, A.M.T.; NAKAMURA, L.M.K. & NAKAMURA, T. Amidos de mandica. Variedades precoces do Estado do Pará. Informativo do Instituto Nacional de Tecnologia, Rio de Janeiro, 10(15/16):25-34, abr./set. 1977.
- 68 - ----- & LIMA, J.A. Perspectivas para o amido de mandioca. Rio de Janeiro, Instituto Nacional de Tecnologia, Ministério da Indústria e do Comércio, 1974. 138p.

- 69 - ROSENTHAL, F.R.T.; MELLO, A.P.; PELEGRINO, S.L. & NAKAMURA T. Amidos de mandioca. 2. Estudos de estrutura, em variedades de Minas Gerais. Revista Brasileira de Tecnologia, Rio de Janeiro, 4(1/2):7-17, mar./jun. 1973.
- 70 - -----; NAKAMURA, A.M.T.; ESPINDOLA, L. & NAKAMURA, T. Amido de mandioca. Influência da maturação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 1, Fortaleza, 1979. Anais... Fortaleza, EMBRAPA. pesquisas agronômicas, 1981. v.1, p.459-81.
- 71 - SANDSTEDT, R.M.; & MATTERN, P.J. Damaged starch, quantitative determination in flour. Starch, Weinheim, 37 (3):379, Mar. 1960.
- 72 - SCHOCH, T.J. The fractionation of starch. In: PIGMAN, W. W. & WOLFROM, M.L., ed. Carbohidrates. New York, Academic Press, 1945. v.1, p.247-77.
- 73 - ----- & LEACH, H.W. Whole starches and modified starches. Determination of absolute density liquid displacement. In: WHISTLER, R.L. & WOLFROM, M.L. Zer. Methods in Carbohydrates Chemistry. New York, Academic Press, 1964. v.4, p.101.

- 74 - SCHOCH, T.J. & MAYWALD, E.C. Preparation and properties of various legumes starchs. Cereal Chemistry, st. Paul, 45(6):564-73, Nov. 1968.
- 75 - SCHOLZ, H. & CATÃO, D.D. Mandioca, aspectos da cultura e da indústria. Fortaleza, Ceará, Banco do Nordeste do Brasil, 1967. 289p.
- 76 - SILVEIRA, A.H. da. Polvilho. Boletim Agrícola, Belo Horizonte, (5):55-6, 1956.
- 77 - SRIVASTAVA, H.C. & PATEL, M.M. Viscosity stabilization of tapioca starch. Die Starke, Weinheim, 25(1):17-19, Jan. 1973.
- 78 - VIEIRA NETO, J.C & CORREA, H. Avaliação da produção e os teores de amido, proteína e HCN em quatro cultivares de mandioca (Manihot esculenta, Crantz) em diferentes épocas de colheita. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA DE MINAS GERAIS. Projeto Mandioca; relatório 76/79. Belo Horizonte, 1982. p. 22-4.
- 79 - WATSON, S.A. Determination of starch gelatinization temperature. In: WHISTLER, R.L. & WOLFRON, M.L. ed. Methods in carbohydrates chemistry. New York, Academic Press, 1970. p.240-3.

A N E X O

TABELA 1A. VALORES MÉDIOS DA UMIDADE RELATIVA E TEMPERATURA AMBIENTE, DURANTE A FERMENTAÇÃO DA FÉCULA PURA DE MANDIOCA DA VARIEDADE IRACEMA COLHIDAS EM DIFERENTES ÉPOCAS*

MESES	TEMPERATURA °C	UMIDADE RELATIVA %
12	23,21	72,9
14	24,00	73,79
16	24,70	72,57
18	19,00	69,48

* Médias das leituras semanais, durante o tempo da fermentação

TABELA 2A. VALORES DE pH DURANTE O PERÍODO DA FERMENTAÇÃO DA FÉCULA PURA DAS TRÊS VARIEDADES DE MANDIOCA IRACEMA, GUAXUPÉ E ENGANA-LADRÃO DE DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA*

VARIEDADE	MESES DE IDADE	DIAS									
		0	4	8	12	16	20	24	28	32	36
IRACEMA	12	4,9	4,9	5,3	5,1	5,0	4,9	4,7	4,0	3,9	3,8
	14	4,6	4,8	5,5	4,7	4,2	3,8	3,7	3,6	---	---
	16	4,9	5,6	5,3	4,4	3,6	3,4	3,3	3,2	---	---
	18	5,6	6,2	5,7	5,5	5,3	4,9	4,8	4,3	4,1	4,1
GUAXUPÉ	12	4,7	4,5	5,2	5,2	5,0	4,8	4,7	4,0	3,3	3,1
	14	5,0	5,4	4,8	4,5	3,9	3,7	3,6	3,5	---	---
	16	4,9	4,8	4,7	4,5	4,4	4,3	3,5	3,1	---	---
	18	5,4	6,2	4,9	4,7	4,6	4,6	4,5	4,2	4,1	4,0
ENGANA-LADRÃO	12	4,9	4,7	5,0	5,5	4,8	4,8	4,7	4,3	3,8	3,8
	14	5,1	5,3	4,8	4,5	4,3	4,0	3,5	3,4	---	---
	16	4,7	4,9	4,8	4,6	4,3	4,0	3,5	3,4	---	---
	18	5,8	6,5	5,1	4,9	4,7	4,3	4,3	4,0	3,6	3,5

* Valores médios de três repetições

TABELA 3A. VALORES DE PH DA FÉCULA IMPURA DE MANDIOCA DA
 VARIEDADE IRACEMA, DURANTE O PERÍODO DA
 FERMENTAÇÃO*

VARIEDADE	IDADE	DIAS							
		0	4	6	12	16	20	22	23
IRACEMA	18 MESES	4,8	5,7	4,9	3,7	3,5	3,4	3,3	3,3

* Valores médios de três repetições

TABELA 4A. RESUMO DAS ANÁLISES DE VARIÂNCIA PARA A FÉCULA PURA NÃO FERMENTADA (FPNF), FÉCULA PURA FERMENTADA (FPF), FÉCULA IMPURA FERMENTADA (FIF) E POLVILHO AZEDO INDUSTRIAL

QUADRADOS MÉDIOS				
FONTES DE VARIÇÃO	GL	VISCOSIDADE INTRÍNSECA m/g	DENSIDADE ABSOLUTA g/ml	AMIDO DANIFICADO (%)
TRATAMENTOS	3	0,6657**	0,0204**	1,825**
RESÍDUO		0,0090	0,0003	0,003
CV (%)		5,79	1,15	2,54

CV. Coeficiente de variação

** significativo ao nível de 1%.