

LOURDES ÂNGELA MARQUES

ISOLAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DO
CAULE DO ABACAXIZEIRO

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

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

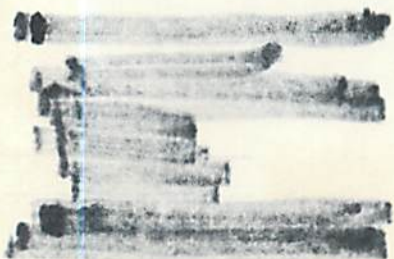
LAVRAS - MINAS GERAIS

1989

LOURDES ANGELA MARQUES

COLAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DO
CAULE DO ABACAXIZEIRO

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



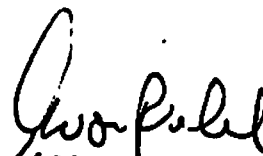
UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS

1988

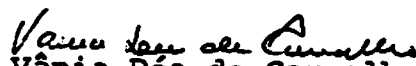
ISOLAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DO CAULE DO
ABACAXIZEIRO

APROVADA:



Prof. Dr. Evódio Ribeiro Vilela

Orientador



Profa. Dra. Vânia Déa de Carvalho



Prof. Dr. Adimilson Bosco Chitarra

À memória de minha mãe e
de meu irmão

Com gratidão a meu pai
Aos meus irmãos
Com carinho a João Márcio
Ao meu filhinho(a)
que vai nascer

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Escola Superior de Agricultura de Lavras e ao Departamento de Ciência dos Alimentos pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

A Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), na pessoa da pesquisadora Vânia Déa de Carvalho, pelo fornecimento dos caules e, ao técnico agrícola Aloísio Maia pela boa vontade no transporte dos mesmos.

Ao professor Evódio Ribeiro Vilela pela amizade e orientação.

Aos professores Vânia Déa de Carvalho e Admilson Bosco Chitarra pelas sugestões apresentadas.

Aos demais professores do Departamento de Ciência dos Alimentos pela amizade e ajuda prestada em diversas ocasiões.

A professora Marney Pascoli Cereda, pelas sugestões de análises apresentadas.

Aos funcionários do Departamento de Ciências dos Alimentos e ao pessoal técnico da EPAMIG do laboratório do DCA pelo apoio na execução do trabalho.

Aos professores Manuel Losada Gavilanes e José da Cruz Machado e, à funcionária Eloísa das G. Leite, pela ajuda nas análises microscópicas.

Aos funcionários da Biblioteca Central e NADP, pelo atendimento e serviços prestados durante a realização do curso.

A Elaine R. Carneiro Mendonça, pelos serviços de datilografia e ao Paulo César Pomárico, pela confecção dos gráficos.

Aos colegas e amigos de curso e a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho de pesquisa.

Em especial: à Deus, por tudo.

BIOGRAFIA DO AUTOR

Lourdes Ângela Marques, filha de Antenor Marques da Silva e Terezinha Botelho da Silva, nasceu no dia 04 de agosto de 1959 em Boa Esperança, Minas Gerais.

Realizou os cursos de 1º grau no Grupo Escolar "Frei Eustáquio" e Escola Estadual "Padre Anchieta", em Coquêiral, Minas Gerais, e, de 2º grau no Colégio Santa Marcelina, em Belo Horizonte, Minas Gerais.

Diplomou-se em Engenharia Química em 1984 pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG).

Em 1986 iniciou o curso de pós-graduação a nível de Mestrado em Ciência dos Alimentos no Departamento de Ciência dos Alimentos da Escola Superior de Agricultura de Lavras, Minas Gerais, concluindo em 1989.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	5
2.1. MATÉRIA-PRIMA	5
2.2. AMIDO	8
2.2.1. Estrutura do grânulo de amido	8
2.2.2. Isolamento do amido	10
2.2.3. Caracterização do amido	15
a) Tamanho e forma dos grânulos	15
b) Teor de amilose e fracionamento do amido	16
c) Amido danificado e susceptibilidade enzi mática	19
d) Densidade absoluta	19
e) Viscosidade intrínseca	20
f) Inchamento, gelatinização e retrograda - ção	22
g) Claridade da pasta e firmeza do gel	25
2.2.4. Utilização do amido	27
2.2.5. Fermentação do amido	29

	Página
3. MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1. MATÉRIA-PRIMA	32
3.2. ISOLAMENTO DO AMIDO	32
3.3. ANÁLISES QUÍMICAS DA MATÉRIA -PRIMA E DO AMI - DO	34
3.3.1. Umidade.....	34
3.3.2. Cinzas	34
3.3.3. Gordura	34
3.3.4. Proteína	34
3.3.5. Fibra bruta	34
3.3.6. Açúcares redutores, não-redutores e totais	35
3.3.7. Amido	35
3.3.8. pH	35
3.4. CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO	35
- 3.4.1. Amido danificado	35
? 3.4.2. Tamanho e forma dos grânulos	36
- 3.4.3. Teor de Amilose	36
3.4.4. Fracionamento do amido	37
? 3.4.5. Susceptibilidade Enzimática	38
3.4.6. Densidade absoluta	39
3.4.7. Viscosidade Intrínseca	39
- 3.4.8. Poder de inchamento e índice de solubilida de	41
- 3.4.9. Temperatura de gelatinização	42
- 3.4.10. Propriedades Viscográficas	42
a) Efeito da concentração	43

	Página
b) Efeito do pH	44
3.4.11. Sinerese - Efeito do congelamento e descon-	
gelamento sobre o gel de amido	44
3.4.12. Transparência do gel	45
3.4.13. Firmeza do gel	45
3.5. FERMENTAÇÃO DO AMIDO	46
3.6. TESTE DE PANIFICAÇÃO	47
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA	50
4.2. EXTRAÇÃO DO AMIDO	53
4.3. CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO	57
4.3.1. Amido danificado	57
4.3.2. Tamanho e forma dos grânulos	59
4.3.3. Teor de amilose	59
4.3.4. Fracionamento do amido	63
4.3.5. Susceptibilidade enzimática	63
4.3.6. Densidade absoluta	65
4.3.7. Viscosidade intrínseca	66
4.3.8. Poder de inchamento e índice de solubilida	
de	69
4.3.9. Temperatura de gelatinização	77
4.3.10. Propriedades Viscográficas	79
a) Efeito da concentração sobre as proprie	
dades de pasta do amido	79
b) Efeito do pH sobre as propriedades de	
pasta do amido	82

	Página
4.3.11. Sinerese - Efeito do congelamento e descon <u>g</u> elamento sobre o gel de amido	87
4.3.12. Transparência e firmeza do gel	91
4.4. FERMENTAÇÃO DO AMIDO	96
4.4.1. Características do amido fermentado	97
4.4.2. Teste de panificação	101
5. CONCLUSÕES	108
6. RESUMO	111
7. SUMMARY	113
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	115

LISTA DE TABELAS

Tabelas		Página
1	Propriedades dos componentes do amido	9
2	Propriedades gerais de amidos	17
3	Densidade absoluta (g/cm ³) de amidos	21
4	Viscosidade intrínseca de amidos e suas frações..	21
5	Composição química do caule do abacaxizeiro colhi do em diferentes épocas pós-colheita dos frutos..	51
6	Rendimento das extrações e composição centesimal do amido do caule do abacaxizeiro	55
7	Rendimento das extrações de amido com solução de bissulfito de sódio a 0,2% de SO ₂ , a partir de caules do abacaxizeiro com diferentes épocas de colheita e composição centesimal do amido extraí- do	56

Tabela

Página

8	Rendimento das extrações e grau de pureza de amidos obtidos a partir de diferentes matérias-primas comparados com o amido do caule do abacaxizeiro (base seca)	58
9	Distribuição percentual do tamanho dos grânulos de amido do caule do abacaxizeiro	61
10	Determinação iodométrica de amilose no amido do caule do abacaxizeiro	61
11	Dados para determinação da viscosidade cinemática e parâmetros para cálculo da viscosidade intrínseca do amido do caule do abacaxizeiro	67
12	Dados para determinação da viscosidade cinemática e parâmetros para cálculo da viscosidade intrínseca da amilose do amido do caule do abacaxizeiro	70
13	Dados para determinação da viscosidade cinemática e parâmetros para cálculo da viscosidade intrínseca da amilopectina do amido do caule do abacaxizeiro...	71
14	Temperatura de perda de birrefringência dos grânulos de amido do caule do abacaxizeiro, observado ao microscópio Kofler	78

Tabela	Página
15	Características de viscosidade do amido do caule do abacaxizeiro em diferentes concentrações 78
16	Características de viscosidade de amidos de diferentes origens 83
17	Características de viscosidade do amido do caule do abacaxizeiro em diferentes pHs 86
18	Resultados de análises químicas e de caracterização do amido do caule do abacaxizeiro fermentado.. 98
19	Características de viscosidade do amido do caule do abacaxizeiro fermentado em diferentes concentrações 103
20	Determinação do poder de expansão e densidade dos biscoitos obtidos a partir do amido do caule do abacaxizeiro fermentado e de polvilho azedo comercial 107

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Fotomicrografia dos grânulos de amido do caule do abacaxizeiro observados ao microscópio ótico (aumento de 64 x).....	62
2	Fotomicrografia dos grânulos de amido do caule do abacaxizeiro observados ao microscópio sob luz polarizada, demonstrando a formação de cruz de polarização em todos os grânulos (aumento de 64 x)...	62
3	Susceptibilidade enzimática do amido do caule do abacaxizeiro	64
4	Determinação da viscosidade intrínseca do amido do caule do abacaxizeiro	68
5	Determinação da viscosidade intrínseca da amilose do amido do caule do abacaxizeiro	72

Figura		Página
6	Determinação da viscosidade intrínseca da amilopectina do amido do caule do abacaxizeiro	73
7	Poder de inchamento do amido do caule do abacaxizeiro	75
8	Índice de solubilidade do amido do caule do abacaxizeiro	75
9	Efeito da concentração nas características de viscosidade do amido do caule do abacaxizeiro	80
10	Efeito do pH nas características de viscosidade do amido do caule do abacaxizeiro, na concentração de 10% (p/v, base seca)	85
11	Efeito do congelamento na exudação de água de géis de amidos do caule do abacaxizeiro, de milho e de mandioca (8% p/v, b.s.).....	89
12	Efeito de ciclos de congelamento/descongelamento na exudação de água de géis de amidos do caule do abacaxizeiro, de milho e de mandioca (8% p/v, b.s.)	90

Figura		Página
13	Transparência do gel de amido do caule do abacaxi-zeiro comparada com géis de amidos de mandioca e milho (à quente) na concentração de 6% (p/v,b.s.).	92
14	Transparência do gel de amido do caule do abacaxi-zeiro comparada com géis de amidos de mandioca e milho (à frio) na concentração de 6% (p/v,b.s.)...	92
15	Transparência de géis de amido do caule do abacaxi-zeiro em diferentes concentrações (à quente)	94
16	Transparência de géis de amido do caule do abacaxi-zeiro em diferentes concentração (à frio)	94
17	Firmeza do gel de amido do caule do abacaxizeiro comparado com géis de amidos de mandioca e milho na concentração de 8% (p/v, base seca).....	95
18	Firmeza de géis de amido do caule do abacaxizeiro em diferentes concentrações (base seca)	95
19	Susceptibilidade enzimática do amido do caule do abacaxizeiro fermentado	100

Figura	Página
20 Efeito da concentração nas características de viscosidade do amido do caule do abacaxizeiro fermentado	102
21 Expansão de biscoitos confeccionados a partir de <u>a</u> midos fermentados	105

1. INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro é uma cultura de regiões de clima tropical e sub-tropical. Sua origem é assunto bastante controvertido, sendo considerado originário das Américas do Sul e Central.

O abacaxi é considerado um dos frutos de melhor qualidade, sabor e aroma. Devido à sua grande aceitação por parte dos consumidores europeus, sua cultura se disseminou por grande número de países e sua tecnologia de produção foi acentuadamente melhorada, ESTANISLAU (26).

O Brasil, por apresentar clima e solo favoráveis ao cultivo do abacaxizeiro, situa-se entre os maiores produtores, ocupando em 1987 o 3º lugar na produção mundial, com um total de 958 mil toneladas, segundo dados da FAO (27).

Praticamente em todo território brasileiro se cultiva o abacaxizeiro, que apresenta importância crescente para a economia do País, principalmente pela possibilidade de expansão de seu cultivo na região de cerrado (áreas pouco exploradas), a ampliação de sua indústria e incremento na exportação, ESTANISLAU (26) e MOU

RA (48).

Minas Gerais é o segundo Estado maior produtor de abacaxi do País, só perdendo para o Estado da Paraíba. Sua produção cresceu de 1980 a 1984 em 78%, ESTANISLAU (26). A produção mineira de abacaxi em 1986 foi de 261.146 toneladas em uma área plantada de 13.554 ha, ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL (05).

No entanto, a abacaxicultura vem enfrentando graves problemas, devido ao alto percentual de resíduos agrícolas - conhecidos como "soqueira" - que ela fornece e que se apresenta como um foco de pragas e doenças à cultura, COUTO (23). Segundo o mesmo autor, para muitos produtores, a necessidade de aplicação de recursos, após a colheita dos frutos, com o objetivo de destruir as soqueiras, constitui-se num investimento sem retorno financeiro.

A necessidade de eliminação destes restos culturais tem despertado o interesse de pesquisadores em estudar métodos de utilização industrial dos mesmos, visando seu aproveitamento para uma nova atividade lucrativa.

Segundo CARVALHO (12), apenas 22,5% do abacaxizeiro é aproveitado, o que corresponde à polpa do fruto, comestível e altamente industrializada. Do restante, 4,5% correspondem à casca e 73% à parte vegetativa (folhas, caule, coroa) que são considerados resíduos agrícolas, praticamente inaproveitáveis. PY et alii (53) também salientam o alto percentual de resíduo agrícola (par-

te vegetativa) apresentado pelo abacaxizeiro.

OLIVEIRA & COUTO (51) verificaram que 1 ha da cultivar Cayenne, com densidade de plantio de 28.000 plantas/ha e com as plantas avaliadas aos três meses após a colheita dos frutos e depois da retirada das mudas, produziu 15,4 t de soqueira seca.

Levando-se em conta que a área plantada em Minas Gerais em 1986 foi de 13.554 ha, como já citado, e considerando a produção de soqueira de 15,4 t/ha, verificamos que 208 732 t de soqueira poderiam ser utilizadas, só em Minas Gerais, o que aumenta ainda mais a importância do aproveitamento destes resíduos.

Resultados de estudos realizados por PY et alii (53), CARVALHO (12) e OLIVEIRA & COUTO (51) mostram que a parte vegetativa, ou resíduo do abacaxizeiro, possui uma composição química rica em termos de carboidratos (amido, açúcares, celulose, hemicelulose), proteína, enzimas proteolíticas (bromelinas) e fibras, que lhe confere características de matéria-prima para a obtenção de amido, bromelinas, álcool etílico, rações animais e fibras.

MARZOLA & BARTHOLOMEW (45) e CARVALHO et alii (16) em seus trabalhos, verificaram que a parte vegetativa e, particularmente, o caule do abacaxizeiro apresentaram teores de amido/ha elevados, próximos ou superiores ao da mandioca, ressaltando a superioridade do abacaxizeiro como matéria-prima, tanto para a produção de álcool etílico (como salienta os autores) como para a obtenção de

amido. Este amido, por sua vez, poderia ser utilizado como matéria-prima nas indústrias de alimentos, na produção de gomas ou em outras formas de industrialização, devendo, para tanto, que sua qualidade seja determinada.

Considerando a grande quantidade de soqueira produzida pela abacaxicultura e sabendo-se da riqueza na composição da mesma e, particularmente do caule, rico em amido, o presente trabalho tem como objetivo, extrair e caracterizar o amido do caule do abacaxizeiro, com o intuito de definir sua possível aplicação tecnológica, e, visando, deste modo, o aproveitamento destes restos culturais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. MATÉRIA-PRIMA

Segundo PY et alii (53), o caule do abacaxizeiro é um órgão armazenador de amido. Os resultados alcançados por MARZOLA & BARTHOLOMEW (45), CARVALHO et alii (16) e COSTA (22) em seus trabalhos, confirmam esta afirmação, demonstrando apresentar o caule do abacaxizeiro teores bastante elevados de amido.

CARVALHO et alii (16) determinaram a composição em carboidratos e peso do caule de 17 cultivares de abacaxi e, pelos resultados obtidos, destacam-se as cultivares Cayenne Liso e Cayenne Espinhoso, com teores de amido de 18,99% e 14,51% (matéria fresca) e peso médio dos caules de 566,40g e 1 366,40 g, respectivamente. Combinando o teor de amido e peso do caule e considerando uma densidade de plantio de 40 000 plantas/ha, o rendimento em amido/ha das duas cultivares será de 4,3 t/ha e 7,89 t/ha, respectivamente. Segundo os mesmos autores, estes valores aproximam-se de 5,1 t/ha da mandioca, quando se considera uma produtividade de raízes de 17 t com um teor de amido de 30%. MARZOLA & BARTHOLOMEW (45) também conseguiram bons rendimentos em amido/ha a partir do

caule do abacaxizeiro e equivalentes ao da mandioca.

Com base nos resultados obtidos por CARVALHO et alii(15), que fizeram um estudo comparativo dos componentes químicos das cultivares Pérola e Cayenne, e, por CARVALHO et alii (16), anteriormente apresentados, as cultivares Cayenne Liso e Espinhoso sobressaem como as de melhores atributos para a utilização como matéria-prima para a produção de amido, por apresentar o maior peso do caule, maior teor de amido do caule e maior rendimento em amido/ha. Esta cultivar é a mais plantada no Brasil (e no mundo), por ser seu fruto o mais adequado para industrialização e exportação. Na região do Triângulo Mineiro, polo da abacaxicultura em Minas Gerais, a cultivar Cayenne participa com 79% da área plantada, COU TO (24).

Segundo CARVALHO (12) há uma queda nos teores de amido do caule do abacaxizeiro durante a frutificação, devido, possivelmente, ao seu transporte, após hidrolizados em açúcares, para os frutos, durante o período de maturação destes. Após este período, no entanto, o teor de amido no caule tende a aumentar, atingindo valores máximos aos 4 meses após a colheita dos frutos.

De acordo com CARVALHO et alii (13) e CARVALHO (12), os teores de amido do caule variam de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta, com valores mínimos na frutificação e aumentando acentuadamente após a retirada do fruto. Os teores de amido dos caules aos 2 e 4 meses, após a retirada dos frutos, foram de

18,07% e 17,15%, (em matéria fresca), respectivamente, segundo CARVALHO et alii (13).

* De acordo com COSTA (22), a época para a obtenção de maiores teores de amido no caule do abacaxizeiro é aos 2 meses após a colheita dos frutos, quando este teor foi de 18,72% (em matéria fresca).

Portanto, podemos concluir que as melhores épocas de colheita do abacaxizeiro para a obtenção de caules com mais altos teores de amido, possibilitando bons rendimentos neste produto, são aos 2 e 4 meses após a colheita dos frutos, o que possibilita ao produtor a venda dos frutos e a retirada das mudas para posterior utilização dos caules.

Segundo CARVALHO (12) e CARVALHO et alii (13), as folhas do abacaxizeiro, ao contrário dos caules, apresentam baixos teores de amido, não sendo pois, consideradas fontes deste produto. Segundo o primeiro autor, as folhas são mais apropriadas à obtenção de rações e fibras.

O aproveitamento do caule do abacaxizeiro na obtenção de amido, ou para outros fins, apresenta-se como um processo viável por motivos tais como: - o caule é um resíduo agrícola não utilizável; - sua utilização será uma renda a mais para os produtores; - o caule representa uma alta massa/ha, com alto teor de amido; - os caules podem ser obtidos em vários períodos durante o ano, uma vez que a produção de abacaxi pode ser escalonada.

De acordo com OMAR et alii (52), o amido pode ser obtido como subproduto da extração da bromelina do caule do abacaxizeiro, o que poderia tornar mais viável economicamente a utilização deste resíduo agrícola.

2.2. AMIDO

2.2.1. Estrutura do Grânulo de Amido

O amido constitui o mais abundante carboidrato de reserva de energia dos vegetais. Ocorre principalmente em certos órgãos de reserva das plantas como, sementes, raízes e tubérculos. Em algumas sementes ou grãos, o teor de amido pode ser de 70 a 72% e nas raízes e tubérculos de 25 a 30%, VITTI (71).

O amido apresenta-se, naturalmente, na forma de grânulos, insolúveis em água fria, com formas e tamanhos variados como característica da origem botânica.

Os grânulos de amido são estruturas organizadas, constituídas basicamente de dois polissacarídeos: amilose e amilopectina, polímeros de D-glicose. Estes dois componentes apresentam propriedades distintas, as quais estão sumarizadas na Tabela 1.

TABELA 1 - Propriedades dos componentes do amido

Propriedade	Amilose	Amilopectina
Configuração molecular	essencialmente linear	altamente ramificada
Peso molecular médio	$10^5 - 10^6$	$10^7 - 10^8$
Comprimento médio da cadeia (unidades de glicose)	$10^2 - 10^3$	20 - 30
Tipo de ligação glicosídica	99% $\rightarrow \alpha-(1,4)$	$\alpha-(1,4) \sim 95\%$ $\alpha-(1,6) \sim 5\%$
Coloração com iodo	azul intenso	púrpura
Solubilidade em água	variável	solúvel
Estabilidade em solução aquosa	instável, retrograda	estável
Difração de raio-X	crystalina	amorfa
Formação de complexo	forma complexos com iodo e substâncias polares	pouca tendência à formação de complexo
Ação da β -amilase e Z -enzima	completa hidrólise	dextrinas resi- duais de alto peso molecular
Grau de polimerização (resíduos de glicose)	$10^2 - 10^3$	$10^4 - 10^5$

MANNERS (43), MANNERS (44), BANKS & MUIR (10), WILLIAMS (73).

Além de amilose e amilopectina, os grânulos de amido podem conter compostos nitrogenados, lipídios e minerais que, apesar de estarem presentes em baixas concentrações, podem ter influências marcantes nas propriedades do amido, Gracza, 1965, citado por ASCHERI (07). Os lipídios, por exemplo, complexam com amilose, alterando as propriedades reológicas do amido, FRENCH (29). Outros componentes como proteínas, nucleotídeos e várias substâncias inorgânicas, são considerados impurezas.

As moléculas de amilose e amilopectina associam-se por meio de pontes de hidrogênio, formando miscelas radialmente orientadas, com áreas cristalinas e amorfas, dependendo da intensidade das associações. O alto grau de orientação das moléculas é responsável pela característica de birrefringência apresentada pelos grânulos, que, quando observados ao microscópio com luz polarizada, produzem a cruz de polarização ou "Cruz de Malta", FRENCH(29), SMITH (63), STERLING (67).

Todos os amidos comuns, exceto o amido de milho com alto teor de amilose "high amylose", dão padrões de difração de raio-X bem definidos, HOOD (32). Muitos amidos de cereais e tubérculos dão padrões A e B, respectivamente. Existem também formas intermediárias referidas como padrão C. Segundo HOOD (32), o padrão de raio-X é determinado principalmente pela amilopectina, visto que amido de milho ceroso, sem amilose, dá um padrão distinto.

2.2.2. Isolamento do Amido

No estudo e caracterização de uma espécie qualquer de amido, é essencial que o polissacarídeo seja isolado do tecido vegetal sem modificação química ou física.

O processo de isolamento tem como objetivo obter um amido com alto grau de pureza, devendo apresentar baixos conteúdos de proteínas, lipídios, cinzas e fibras. As condições empregadas no processo de isolamento variam de acordo com a espécie de amido e sua fonte botânica e devem evitar ao máximo, danificação mecânica ou modificação enzimática dos grânulos.

De um modo geral, os métodos de isolamento de amido consistem nas seguintes etapas: maceração em água ou em determinadas soluções, moagem, peneiragem, purificação por lavagens sucessivas, centrifugação, secagem a temperaturas inferiores a 50°C e pulverização.

A etapa inicial de maceração é usada especialmente no isolamento de amidos de cereais, para hidratar e amolecer as sementes, uma vez que, a moagem a seco poderia causar danos mecânicos aos grânulos. Em certos casos, para se conseguir melhores rendimentos no carboidrato, torna-se necessária a utilização de certos compostos na maceração, os quais facilitam a separação do amido e evitam a fermentação ou outras degradações enzimáticas, ASCHERI (07), WATSON (72), BANKS & MUIR (10).

O isolamento de grânulos de amido de tecidos com alto

teor de umidade, como a batata, dispensa esta etapa de maceração, BANKS & MUIR' (10).

De acordo com BADENHUIZEN (09), a estrutura dos órgãos de reserva de amido (sementes, raízes, tubérculos) variam e podem conter substâncias que interferem com o isolamento do amido. Segundo o autor, algumas proteínas celulares aderem ao grânulo de amido, tornando-se parte integral do mesmo. Isto dificulta a remoção do grânulo intacto, especialmente quando a concentração proteica é alta e o poder de inchamento do amido é baixo, como no caso de ervilhas enrugadas.

SCHOCH & MAYWALD (62) propuseram três métodos de isolamento de amidos de legumes. Eles observaram que certos legumes são mais facilmente processados e o amido puro pode ser obtido simplesmente, por extração e purificação com água destilada. Outros legumes, no entanto, são mais difíceis de serem processados devido à presença de proteínas insolúveis e fibra fina altamente hidratada que diminuem a velocidade de sedimentação do amido. Para estes legumes, os autores utilizaram solução de NaOH 0,2%, que dissolve a maior parte das proteínas e não gelatiniza o amido, na purificação do produto. Para o isolamento de amido de ervilhas enrugadas, eles usaram soluções de NaOH 0,3% para maceração e 0,2% para sucessivas sedimentações. Os rendimentos alcançados para os diferentes legumes foram bons - na faixa de 18 a 43% - e os amidos isolados apresentaram alto grau de pureza.

Outros pesquisadores também isolaram amidos de legumes com bons resultados. LINEBACK & KE (39) utilizaram o método simples de extração com água destilada e NAIVIKUL & D'APPOLONIA (49) usaram solução de NaOH 0,016 N na purificação de amidos de legumes.

ROSENTHAL et alii (54) e AMANTE (03) isolaram amido de mandioca simplesmente em meio aquoso, o que é normalmente usado para este tipo de amido.

ROSENTHAL et alii (56) e ROSENTHAL et alii (55) adotaram maceração em solução de bissulfito de sódio equivalente a 0,3% de SO_2 e sedimentações sucessivas com soluções de NaOH 0,15% e 0,10%, nas extrações de amidos de feijão guandu e de algumas leguminosas, respectivamente. Este mesmo processo de purificação, com tratamentos sucessivos com soluções de NaOH 0,15% e 0,10%, deu bons resultados na extração de amido de pinhão por WOSIACHI & CEREDA (78).

KIBUUKA et alii (35) usaram uma mistura água - tolueno a 10% v/v, na purificação do amido extraído de cará-de-rama. O método geral de isolamento de amido proposto por BADENHUIZEN (09), também utiliza o tolueno na etapa de purificação do produto, uma vez que este composto promove a desnaturação e remoção das proteínas sem causar degradação do amido. Com este tratamento, forma-se uma camada flutuante de proteína-tolueno, que pode ser removida facilmente, após sedimentação do amido. Outros autores, como GREENWOOD & ROBERTSON (31), em seu estudo com amido da semente da

seringueira, e ASCHERI (07), na extração de amido de Adlay, usaram tolueno na purificação de seus produtos.

Segundo BADENHUIZEN (09), os grânulos de amido pequenos requerem um procedimento de purificação mais elaborado do que os grandes. Bathgate & Palmer, citados por McDONALD & STARK (42), afirmam que existe uma tendência dos grânulos pequenos associarem com a fração proteica durante a extração, sendo perdidos quando a camada de proteína é descartada. McDONALD & STARK (42) confirmaram esta afirmação em seu estudo com amido de cevada.

Os métodos de WATSON (72), para isolamento de amido de milho, e de WILLIGEN (75), para isolamento do amido de batata, utilizam soluções de bissulfito de sódio. No primeiro caso, a solução é empregada para maceração dos grãos e, no segundo, para a extração do amido, evitando degradação do produto.

De acordo com WOLF (77), o isolamento do amido de trigo é realizado em meio aquoso. Outros amidos diferentes também podem ser isolados em meio aquoso com bons rendimentos, como é o caso do amido de mandioca, já citado, do amido de chuchu, CRUZ & ELDASH (24), e do amido de amaranthus, SUGIMOTTO et alii (69). LORENZ (40) e STONE & LORENZ (68), no entanto, usaram maceração em tampão acetato 0,02M, contendo cloreto de mercúrio 0,01 M, na extração do amido de amaranthus.

Segundo BADENHUIZEN (09) e BANKS & MUIR (10), solução de

cloreto de mercúrio 0,01 M tem sido usada como inibidor da ação da amilase sobre o amido. A atividade enzimática deve ser inibida para prevenir a degradação do amido durante processamento ou estocagem.

2.2.3. Caracterização do Amido

Os grânulos de amido de diferentes espécies podem ser caracterizados utilizando-se de técnicas microscópicas e físico-químicas, as quais vão dar uma idéia da estrutura e organização granular e do comportamento de cada amido, FERREIRA (28).

Os amidos são analisados quimicamente quanto aos seus teores de proteínas, lipídios, cinzas e fibras, cujos valores estão relacionados com a pureza dos mesmos.

As principais propriedades utilizadas para caracterizar um tipo de amido, serão descritas a seguir.

a) Tamanho e forma dos grânulos

A forma e tamanho dos grânulos de amido são decorrentes da fonte botânica. O diâmetro dos grânulos de amido de várias espécies situa-se na faixa de 1 - 2μ até aproximadamente 200μ , e, a forma pode ser oval, esférica ou irregular, de acordo com MACMASTERS (41).

Esta característica dos grânulos de amido pode ser deter-

minada utilizando-se de técnicas microscópicas, o que serve como meio de identificação da espécie de origem do material.

As formas e tamanhos característicos de vários amidos estudados são apresentados na Tabela 2.

b) Teor de amilose e fracionamento do amido

O conteúdo de amilose nos grânulos de amido também é uma característica da origem botânica. Muitos amidos contém em torno de 20 a 30% de amilose, como é o caso de amidos de cereais normais. Alguns porém, especialmente aqueles de variedades cerosas "waxy" de milho, sorgo e arroz, contém menos de 1% de amilose. Em contraste, outros amidos apresentam teores de amilose acima de 60%, como por exemplo certas variedades de milho ("amylomaize") e sorgo e a ervilha enrugada. Estes amidos são conhecidos por "high amylose" e apresentam propriedades físicas especiais, MANNERS(43) e MANNERS (44).

Teores de amilose característicos de diversas espécies de amidos são também apresentados na Tabela 2.

A molécula de amilose, na sua forma cristalina, apresenta uma conformação helicoidal, o que propicia a formação de complexo azul deste polissacarídeo com o iodo, envolvendo a inserção de uma cadeia linear de iodo-iodeto no interior da hélice. Na prática, esta propriedade é usada para quantificar a amilose contida no amido, Braverman, citado por ASCHERI (07).

TABELA 2 - Propriedades gerais de amidos

Amido	Tamanho do grânulo (μ)	Forma	Teor de Amilose (%)	Poder de inchamento a 95°C	Índice de solubilidade a 95°C	Temperatura de gelatinização (°C)
milho normal	5 - 25	redonda, poligonal	26	24	25	62 - 72
milho ceroso	5 - 25	redonda, oval	1	64	23	63 - 72
amylomaize	15	redonda	+ de 80	6	12	85 - 87
arroz	3 - 8	poligonal	17	19	18	61 - 78
cevada	2 - 35	redonda, elíptica	22	19,9	0,0733	59 - 64
centeio	2 - 35	elíptica, lenticular	23	27,4	0,0191	57 - 70
trigo	2 - 35	redonda, elíptica	25	21	41	52 - 63
sorgo	5 - 25	redonda poligonal	26	22	22	68 - 75
aveia	-	redonda, poliédrica	27	-	-	53 - 59
batata	15 - 100	oval	24	1000	82	56 - 59
mandioca	5 - 35	redonda, oval	17	71	48	52 - 64
sagu	20 - 60	oval	27	97	39	60 - 72
batata doce	3 - 35	redonda, poligonal	30	46	18	-
guandu	30 - 40	redonda	30	< 20	< 20	67 - 78
chuchu	7 - 20	esférica	33	56	30,7	68 - 85
cará-de-rama	15 - 70	triangular, hexagonal	24	-	-	-
pinhão	-	redonda	22	-	-	-
amaranthus	1	redonda, poligonal	7,2	3,53(90°C)	37,43(90°C)	62 - 66
semente de abacate	5 - 35	oval	-	-	-	62 - 75
açucena	18 - 30	oval, poligonal	25	-	-	-
legumes	5 - 60	redonda, oval	30	20	30	65 - 75
ervilha enrugada	-	-	75	6	19	69 - 83
adlay	1,2 - 3,5	redonda	2,32	48,35	20,81	68 - 75

(03), (07), (24), (33), (35), (37), (40), (56), (62), (71) e (78)

De maneira semelhante, a amilose forma complexo com certos álcoois, como por exemplo n-butanol, o que constitui no princípio básico para a separação da amilose da amilopectina no amido, Forster, citado por ASCHERI (07).

Segundo SCHOCH (59) a determinação do teor de amilose de materiais amiláceos é realizada por uma das 4 técnicas gerais: (a) titulação potenciométrica do amido dissolvido com iodo padrão; (b) titulação amperométrica similar; (c) determinação espectrofotométrica da intensidade de coloração azul com iodo; (d) absorção de "Congo red".

O amido pode ser fracionado em seus componentes por um processo não degradativo. De acordo com WILLIAMS (73), o seu fracionamento por precipitação da amilose como um complexo é geralmente aceito como método mais satisfatório, e, um importante passo no procedimento é a completa dispersão dos grânulos de amido.

Segundo HOOD (32), dois métodos têm sido utilizados para separar amilose de amilopectina: (1) gelatinização parcial que leva à lixiviação seletiva da amilose do grânulo, e (2) solubilização do amido granular em dimetilsulfóxido ou álcali, seguido pela adição de timol para formar um complexo insolúvel com amilose. A pureza da amilose isolada é então verificada medindo a capacidade de ligação com iodo. Segundo o mesmo autor, a amilose lixiviada do grânulo a baixa temperatura, apresenta menor peso molecular e, é essencialmente linear, enquanto que a amilose obtida por com-

plexação com timol, possui contaminantes de amilopectina e, mesmo purificada, não é completamente linear.

c) Amido danificado e susceptibilidade enzimática

Os grânulos de amido são danificados por pressão, cizalhamento ou tensão, tais como aplicadas por processos de moagem, SANDSTEDT & MATTERN (57). Portanto, o teor de amido danificado está relacionado com a eficiência do processo de isolamento do amido.

O amido danificado é rapidamente digerido por amilases, ao passo que o amido nativo, não danificado, é marcadamente mais resistente à digestão. Com base nestas diferenças, é possível determinar, quantitativamente, o percentual de amido danificado, bem como a susceptibilidade do amido não danificado à digestão enzimática. A taxa de digestão é dependente da acessibilidade das moléculas de amido à enzima, SANDSTEDT & MATTERN (57). Segundo estes mesmos autores, além da digestibilidade por amilases, outras propriedades diferem o amido danificado do amido normal intacto, tais como, absorção de água (inchamento), solubilidade e susceptibilidade à coloração com iodo e certas tintas. Qualquer uma destas diferenças pode ser usada para determinação quantitativa de danificação, porém somente a solubilidade e digestibilidade aumentadas parecem ser práticas, de acordo com os autores citados.

d) Densidade absoluta

A densidade do amido é importante principalmente para propósitos tecnológicos e de engenharia, podendo ser determinada por

meio de picnômetro, usando um líquido inerte não-solvente como meio para suspensão do amido, SCHOCH & LEACH (60). Geralmente, os meios mais usados são água ou xileno.

Os valores para densidade absoluta de alguns amidos são apresentados na Tabela 3.

e) Viscosidade intrínseca

A viscosidade intrínseca é uma medida da fricção interna ou resistência ao deslocamento de moléculas com alto peso molecular em solução, LEACH (36). Em estudos de amidos, a viscosidade intrínseca tem se tornado um excelente índice de dimensões moleculares, sendo considerada uma função do peso molecular em uma série de polímeros homólogos sob dadas condições no mesmo solvente.

Forster, citado por ASCHERI (07), conceituou a dimensão da viscosidade intrínseca como a recíproca da concentração e sua unidade pode ser expressa como ml/g (ou cm^3/g), tendo como aplicação prática a determinação do peso molecular e como considerações teóricas, a conformação de polímeros e a interação polímero-solvente.

WOLFF et alii (76) usaram determinações de viscosidade intrínseca na caracterização das frações, amilose e amilopectina, de vários tipos de amidos.

Valores de viscosidade intrínseca de alguns amidos são a-

TABELA 3 - Densidade absoluta (g/cm^3) de amidos

Amido	Densidade (g/cm^3)
milho ceroso	1,480
mandioca	1,521
sorgo ceroso	1,490
milho	1,517
trigo	1,528
chuchu	1,4475
cará-de-rama	1,534
adlay	1,4793

(07), (24), (35) e (65)

TABELA 4 - Viscosidade intrínseca de amidos e suas frações

	Viscosidade Intrínseca (ml/g)		
	Amido todo*	Amilose **	Amilopectina**
batata	2,72	2,69	1,42
milho	1,81	1,32	1,17
mandioca ³	2,82 - 3,26	3,22	1,62
batata doce ³	1,13 - 2,78	2,22	1,67
chuchu ²⁴	1,78	-	-
cará-de-rama ³⁵	3,11	-	-
trigo	-	2,01	1,50
adlay ⁷	1,3257	-	-
legumes ⁴⁹	-	0,54 - 2,42	-

(03), (07), (24), (35), (36), (49) e (76).

* viscosímetro nº 50

** viscosímetro nº 100

presentados na Tabela 4, bem como de suas frações.

f) Inchamento, gelatinização e retrogradação

No seu estado natural o amido é insolúvel em água fria, em virtude do arranjo molecular dentro dos seus grânulos, LEACH (38). Porém, aquecendo-se uma suspensão aquosa de amido, ocorre uma série de variações irreversíveis dentro dos grânulos. Inicialmente o corre um inchamento reversível dos grânulos e, quando se atinge u ma temperatura crítica, conhecida como "temperatura de gelatinização", eles sofrem uma rápida gelatinização, com conseqüente aumento na viscosidade e claridade da pasta, aumento na solubilidade do amido, perda total da organização original dos grânulos e perda da característica de birrefringência dos grânulos de amido, FRENCH (29), LEACH (37).

Segundo LEACH (37), a dimensão na qual ocorre a gelatinização é dependente da estrutura e do grau de organização granular, sendo a força e o caráter do arranjo miscelar os fatores de controle no comportamento do amido.

O aquecimento inicial provoca o rompimento das pontes de hidrogênio mais fracas (nas áreas amorfas), com conseqüente enfraquecimento da rede miscelar do grânulo de amido, aumento na absorção de água e inchamento do grânulo. Posterior aquecimento acima da temperatura de gelatinização, implica a continuidade da quebra das pontes de hidrogênio, com contínua hidratação e inchamento dos grânulos (aumento da viscosidade). O processo continua até atin-

gir a viscosidade máxima, quando as forças de coesão, que mantêm a estrutura dos grânulos, enfraquecem até perder sua integridade, e a viscosidade começa a diminuir. Com o resfriamento da pasta de amido, as moléculas de amilose voltam a se associarem por pontes de hidrogênio, formando um precipitado (cristalização) ou um gel (formação de uma rede tridimensional), com novo aumento na viscosidade. Este fenômeno é denominado retrogradação.

Segundo FRENCH (29) e SMITH (63), a fração ramificada do amido (amilopectina) é muito menos propensa a retrogradar. Assim, amidos de grãos cerosos, como arroz, milho e sorgo, praticamente não apresentam retrogradação, por conterem baixos teores de amilose.

Com a retrogradação da pasta de amido, pode, eventualmente, ocorrer liberação de moléculas de água do sistema por um processo conhecido como sinerese.

Uma maneira simples de seguir o processo de gelatinização do amido é por meio do Viscoamilógrafo Brabender, FRENCH (29), VITTI (71) e outros. Com este instrumento é possível obter curvas de viscosidade para uma suspensão de amido agitada e aquecida, ou resfriada, a uma taxa constante (crescente ou decrescente) de temperatura. A partir das curvas de viscosidade é possível obter informações sobre a temperatura de início de formação de pasta, a resistência dos grânulos inchados à ação mecânica, a viscosidade máxima e a temperatura na qual ela ocorre, assim como a influên-

cia do resfriamento sobre a viscosidade.

Segundo SCHOCH & MAYWALD (62), os diversos amidos podem ser divididos em 4 tipos, de acordo com o grau de inchamento e viscosidade, a saber:

- Tipo A - amidos com alto grau de inchamento, como batata, mandioca e os cereais cerosos, que apresentam curvas de viscosidade Brander com alto pico de pasta, seguido por rápida redução na viscosidade durante o cozimento.
- Tipo B - amidos com grau de inchamento moderado, como os de cereais normais, os quais mostram menor pico de pasta e também redução menos acentuada na viscosidade durante cozimento.
- Tipo C - amidos com grau de inchamento limitado, especialmente produtos inter cruzados quimicamente, nos quais as ligações cruzadas estabilizam os grânulos. Suas curvas de viscosidade não apresentam pico de pasta, mas uma alta viscosidade que permanece constante ou aumenta mais durante cozimento.
- Tipo D - amidos com grau de inchamento muito baixo, especialmente amidos com alto teor de amilose ("amylomaize"), o que proporciona uma alta rigidez interna pela associação de moléculas lineares. Estes amidos não incham suficientemente para dar uma pasta viscosa quando cozidos em água em concentrações normais.

Fazendo uso da propriedade de gelatinização, a determinação do poder de inchamento e índice de solubilização têm contribuído para mostrar a intensidade das ligações associativas dentro dos grânulos. Na Tabela 2 são apresentados os poderes de incha-

mento e índices de solubilidade a 95°C, de vários amidos, bem como suas faixas de temperatura de gelatinização.

A temperatura de gelatinização, uma característica da origem e tipo de amido, está relacionada com a perda de birrefringência dos grânulos, indicando o momento em que o nível energético é suficiente para dissociar as ligações que mantêm o arranjo das cadeias moleculares no grânulo.

Diversos são os fatores que governam ou alteram o comportamento da pasta de amido: a origem do amido, a presença de lipídios, proteínas, fibras, monossacarídeos e oligossacarídeos, a relação amilose/amilopectina, a granulação, a concentração de amido, derivatização ou modificação, incorporação de emulsificantes e ácidos graxos, presença de cátions metálicos, bem como a adição de ácidos, bases ou ação de enzimas, AMANTE (03), ASCHERI (07), HOOD (32), LEACH (37).

g) Claridade da pasta e firmeza do gel *Sim*

Segundo Pomeranz, citado por ASCHERI (07), depois da viscosidade, o mais importante aspecto de qualidade de uma pasta de amido é a aparência visual com respeito à transparência e opacidade da mesma. Outra propriedade tecnológica importante do amido está relacionada com a firmeza de seu gel.

Se uma pasta cozida de amido é deixada esfriar, como resultado da retrogradação, pode ocorrer um aumento da firmeza do

gel e um decréscimo na transparência do mesmo, sendo estes fatores muito variados de acordo com a origem do amido. Portanto, a claridade da pasta e a firmeza do gel estão relacionados com a tendência à retrogradação do amido.

Pastas de amidos de cereais são opacas e encorpadas (firmes), enquanto as de raízes e tubérculos são translúcidas e coesivas, AMANTE (03), CRUZ & ELDASH (24).

Uma vez que o processo de retrogradação é principalmente uma característica da fração linear (amilose) do amido, este componente é também responsável pela opacidade e firmeza do gel de amido. Assim, a pasta de amido de milho ceroso, que praticamente não tem moléculas de amilose, permanece escoável e clara, não formando gel, após resfriamento. Amido de mandioca, contendo uma pequena quantidade de amilose, dá um gel claro e mole. Pastas de amidos com altos teores de amilose tornam-se muito duras e opacas, SMITH (63). O amido de batata apresenta alta claridade da pasta, mas desenvolve opacidade a altas concentrações, ASCHERI (07). CEREDA & WOSIACKI (20) verificaram que o gel quente de amido de pinhão é transparente como o de mandioca, mas quando esfria, torna-se opaco e firme como o de milho.

A claridade da pasta e firmeza do gel são também afetados pelo pH, presença de sais e procedimento de solubilização, de acordo com Greenwood, citado por SARMENTO (58). O segundo autor verificou que o tempo de armazenamento das raízes diminui a transpa

rência do gel de amido de mandioca.

2.2.4. Utilização do Amido

Os amidos são largamente utilizados como matéria-prima , tanto nas indústrias alimentícias, como nas industrias têxteis, de papel e outras, FRENCH (29), AMANTE (03), SARMENTO (58). Nas indústrias alimentícias eles são usados como ingredientes que, além de possuir valor nutritivo (fornecer energia), dão propriedades funcionais aos alimentos. Dependendo do tipo de amido, eles podem servir para facilitar o processamento, melhorar a textura, espessura e promover sólidos suspensos, proteger os alimentos durante processamento ou transporte e dar a estética desejada e vida de prateleira necessária para o consumidor, SMITH (67).

Existem inúmeras fontes de amido disponíveis e, na escolha de um ou outro, é importante que o produto selecionado possua características condizentes com as aplicações a que se destina e que seja economicamente viável.

As propriedades de um amido determinam o seu aproveitamento em um processo específico e predizem seu comportamento nos produtos. Desta forma, a utilização de um amido para determinado fim depende do conhecimento de sua estrutura, da capacidade de ligação com água, de suas propriedades coloidais (inchamento, viscosidade, formação de gel) e temperatura de gelatinização, AMANTE(03), FRENCH (29), SARMENTO (58).

É importante, por exemplo, avaliar o amido por sua tendência à retrogradação nos alimentos congelados. Nestes alimentos o amido empregado deve apresentar boa estabilidade e não apresentar sinerese (liberação de água), SARMENTO (58).

Os conteúdos de amilose e amilopectina dos diferentes amidos são também de grande importância para a indústria de alimentos. A capacidade da amilose em formar complexos com ácidos graxos torna inaplicável o amido contendo alto teor de amilose em alimentos como sopas, molhos e certos vegetais enlatados, por torná-los de mau aspecto, pela formação de grumos, VITTI (71).

Em grande número de alimentos a viscosidade é fator primordial para obtenção de qualidade. De acordo com VITTI (71), em alguns alimentos, onde o amido atua como elemento encorpador, é essencial usar produtos com alta viscosidade; outros alimentos porém, exigem amidos de baixa viscosidade.

Quando géis mais firmes são desejados em produtos como gomas de mascar, deve-se optar por amidos com alto teor de amilose. Este tipo de amido produz filmes firmes e flexíveis, fornecendo outros usos como em massas e panificação, SMITH (63). Em virtude da disponibilidade de moléculas lineares, este tipo de amido apresenta ainda facilidade de derivatização, AMANTE (03).

Embora a energia requerida para gelatinização e dispersão do amido com alto teor de amilose seja alta, por modificação des

te amido é possível abaixar sua temperatura de gelatinização, tornando mais vantajoso sua aplicação, como demonstrado por SMITH (63). Assim como este, vários outros amidos podem ser modificados, química, física ou enzimaticamente para necessidades específicas, permitindo sua maior utilização industrial, SMITH (63).

Segundo VITTI (71), o conhecimento do amido quanto às suas propriedades é de máxima importância na obtenção de novos produtos e no controle de suas qualidades.

Estudos com amidos comumente usados e com novos amidos, bem como, com modificações de suas propriedades, vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de aplicá-los mais adequadamente aos diversos fins.

De acordo com SMITH & BEL (64), nos últimos anos, vários novos tipos de amidos alimentares têm sido introduzidos no mercado, permitindo o desenvolvimento de alimentos com propriedades excepcionais.

2.2.5. Fermentação do Amido

O amido pode ser fermentado por um processo natural, com o objetivo de melhorar o aroma, sabor, textura ou eliminar substância tóxica, CEREDA (17). A fermentação é uma técnica comumente empregada na obtenção de polvilho azedo.

O amido de mandioca, conhecido como "polvilho azedo" é um produto tipicamente brasileiro obtido por fermentação do amido de mandioca bruto ("polvilho doce"), CAMARGO et alii (11).

Conforme citação de CEREDA (17), o Código Nacional de Alimentação define o polvilho, ou fécula de mandioca, como um produto amiláceo obtido da mandioca que, de acordo com o teor de acidez, é classificado como doce ou azedo e, cuja acidez é levada a efeito por meio de fermentações.

O polvilho azedo apresenta um sabor característico, sendo amplamente utilizado na confecção de biscoitos, CAMARGO et alii (11), CEREDA (19).

Segundo CEREDA (19), o polvilho azedo é um tipo de amido enzimaticamente modificado em função da fermentação, apresentando por isso, características diversas do polvilho doce.

A fermentação provoca modificações no amido que alteram sua reologia. De acordo com CEREDA (19), a fermentação caracteriza-se pelo abaixamento do valor do pH, com produção concomitante de ácidos orgânicos e compostos aromáticos, apresentando, ainda, sinais visíveis com formação de bolhas e espuma na superfície, bem como bolhas de gás na massa de amido depositado, o qual, durante todo o processo, deve ser mantido sob uma camada de água sobrenadante de 15 a 20 cm de altura.

O valor de pH na massa de amido, no final da fermentação, cai a valores entre 3,0 e 3,5, podendo chegar a 2,5, provavelmente, inibindo o processo fermentativo, CEREDA (19). O período de fermentação pode variar, sendo este, de aproximadamente 30 dias, segundo CAMARGO et alii (11). Após fermentação, o amido, de insípido passa a apresentar cheiro característico e sabor ácido, bem como uma granulação própria.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATÉRIA-PRIMA

Foram utilizadas plantas provenientes do abacaxizeiro da cultivar Cayenne, cultivadas no município de Uberaba, M.G. Foram utilizadas um total de 300 plantas colhidas em 4 épocas diferentes, ou seja, aos 90, 120, 150 e 180 dias após a colheita dos frutos.

Não foi feito um delineamento estatístico em virtude de não se poder prever a disponibilidade de matéria-prima, visto que os caules foram obtidos de culturas comerciais e não de experimento.

Este trabalho foi conduzido no Departamento de Ciência dos Alimentos da Escola Superior de Agricultura de Lavras, M.G.

3.2. ISOLAMENTO DO AMIDO

Após retiradas as folhas e raízes, os caules foram lavados manualmente em água corrente. A seguir eles foram ralados em rala-

dor elétrico. Para determinação da composição centesimal, amostras foram retiradas e parcialmente desidratadas em estufa a 40°C. A determinação do teor de umidade dos caules foi realizada imediatamente após ralagem dos mesmos.

O material ralado foi pesado, para cálculo de rendimento, e triturado em liquidificador industrial por 5 minutos, com os seguintes meios de extração: água destilada, solução de bissulfito de sódio com 0,2% de SO₂, solução de NaOH a 0,2%, mistura água/tolueno a 10% v/v; e, posteriormente peneirado em tecido, para facilitar a separação do bagaço. O resíduo foi novamente triturado em liquidificador com o meio de extração em teste, por 5 minutos, repetindo-se a operação de peneiragem em tecido. O leite de amido foi então passado por peneira de 200 tyler e deixado decantar, sendo feita, a seguir, a remoção do sobrenadante e a ressuspensão do amido no meio extrator. Os amidos foram submetidos a duas ressuspensões no mesmo meio, com sedimentação do produto e eliminação do sobrenadante. Após uma terceira ressuspensão no meio extrator, o material foi centrifugado por 15 minutos a 2.500 rpm, sendo feita uma raspagem da camada contaminante do amido. Foram feitas então, novas ressuspensões do amido em água destilada, seguidas de centrifugação e raspagem da camada contaminante. Este processo foi repetido até não haver mais formação da dita camada. Neste ponto, o material foi centrifugado uma vez com álcool etílico a 70%, para desidratação do amido, e, seco em estufa a 40°C. O produto foi acondicionado em frascos de vidro e mantido na geladeira durante todo o desenvolvimento do trabalho.

3.3. ANÁLISES QUÍMICAS DA MATÉRIA-PRIMA E DO AMIDO

3.3.1. Umidade

Foi determinada por secagem do material em estufa regulada a 105°C até peso constante, segundo técnica da AACC (04).

3.3.2. Cinzas

Foi determinada por incineração do material em mufla regulada a 550°C, até total destruição da matéria orgânica, segundo, técnica da AACC (04).

3.3.3. Gordura

A fração extrato etéreo foi determinada após extração com éter de petróleo, com auxílio do extrator contínuo de Soxhlet, de acordo com a AOAC (08).

3.3.4. Proteína

Foi determinado o teor de nitrogênio utilizando Micro-Kjeldahl, conforme técnica da AOAC (08). O teor de proteína bruta foi calculado usando o fator de 6,25.

3.3.5. Fibra Bruta

Foi determinada de acordo com o método de KAMER & GINKEL

3.3.6. Açúcares Redutores, Não-Redutores e Totais

Foram determinados pelo método de Somogy, modificado por NELSON (50). O doseamento foi feito somente na matéria-prima.

3.3.7. Amido

Foi dosado somente na matéria-prima. O amido foi extraído segundo o método hidrolítico de Lane-Enyon, descrito na AOAC (08) e determinado pelo método colorimétrico de Somogy, modificado por NELSON (50).

3.3.8. pH

Foi determinado segundo técnica da AACC (04). A determinação do pH foi feita somente para o amido.

3.4. CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO

As análises de caracterização foram realizadas somente sobre o amido obtido por extração com solução de bissulfito de sódio com 0,2% de SO_2 . Para tanto, o amido extraído com este meio, a partir dos caules com 90, 120, 150 e 180 dias, foi homogeneizado formando uma única amostra, sendo realizada nova determinação do teor de umidade do produto.

3.4.1. Amido Danificado

O percentual do amido danificado foi determinado usando

a metodologia de SANDSTEDT & MATTERN (57). Suspensões tamponadas de amido com α -amilase foram incubadas a 30°C, com agitação, durante uma e duas horas, e o teor de maltose foi determinado nestes tempos. Plotando-se o teor de maltose contra o tempo de incubação, a extrapolação para o tempo zero forneceu a percentagem de maltose produzida, que corresponde à percentagem de amido danificado.

3.4.2. Tamanho e Forma dos grânulos

O diâmetro dos grânulos de amido foi medido em um microscópio ótico, com uma ampliação de 400 vezes, equipado com um micrômetro e utilizando-se um hemacitômetro, conforme técnica de MacMASTERS (41). As lâminas foram preparadas com uma suspensão aquosa de amido a 0,2%.

Para observação da forma e característica de birrefringência (formação da cruz de polarização), os grânulos de amido foram fotomicrografados em microscópio ótico, com e sem polarização, equipado com câmera fotográfica.

3.4.3. Teor de Amilose

Foram usados dois métodos na determinação do teor de amilose: a) Método de absorção de iodo "Blue Value", segundo GILBERT & SPRAGG (30). A amostra foi preparada tomando-se 60 mg de amido e dissolvendo-o em 0,5 ml de etanol e 50 ml de NaOH 0,5 N. Em um frasco de 50 ml foram adicionados 1 ml da solução da amostra e

0,5 ml de NaOH 1N e a mistura foi aquecida em banho-maria fervente por 3 minutos. Após esfriar foram adicionados 0,5 ml de HCl 1 N, 20 ml de bitartarato de potássio 0,4% e o volume completado para 45 ml, aproximadamente. Adicionou-se em seguida, 0,5 ml de solução de iodo (0,2 g de iodo ressublimado e 2,0 g de iodeto de potássio em 100 ml de água) e completou-se o volume para 50 ml com água destilada. A solução foi agitada, e, após 20 minutos na temperatura ambiente, foi feita a leitura da absorvância em espectrofotômetro a 680 nm.

O "Blue Value" foi determinado pela fórmula:

$$\text{"Blue Value"} = \frac{\text{Absorbância} \times 4}{\text{Concentração (mg/dl)}}$$

No mesmo comprimento de onda determinou-se o B.V. da amilose pura, cujo valor foi considerado 100%. b) Método colorimétrico de WILLIAMS et alii (74), com modificações. Foram pesadas 10 e 20mg de amido, dissolvidas em 10 ml de KOH 0,5 N e a suspensão aquecida em banho-maria fervente por 5 minutos. Após esfriar, o volume foi completado para 100 ml com água destilada. À uma alíquota de 10 ml foram adicionados 5 ml de HCl 0,1 N e 0,5 ml de solução de iodo-iodeto (0,2g: 2,0 g/100ml) e o volume completado para 50 ml com água destilada. A absorvância foi lida a 625 nm e o valor obtido foi comparado com uma curva padrão de amilose, preparada de maneira semelhante.

3.4.4. Fracionamento do Amido

Seguiu-se o método descrito por MONTGOMERY & SENTI (47).

Foram tomadas 10 g de amido previamente desengordurado com metanol e suspensas em 500 ml de água destilada e 5 ml de solução tampão (pH 6,0 - 6,3). A suspensão foi aquecida a 80°C com agitação contínua por 15 minutos, esfriada à temperatura ambiente em banho de gelo e então centrifugada a 2 000 rpm por 30 minutos e o sobrenadante separado. No precipitado foi repetido por duas vezes o mesmo procedimento acima até conseguir purificar toda a amilopectina, a qual foi tratada com metanol e agitada em misturador por 4-5 segundos; após decantação, separou-se o metanol, repetindo o tratamento com o precipitado. Finalmente, o precipitado foi filtrado à vácuo, lavado com metanol e seco em estufa a 40°C.

Ao sobrenadante, anteriormente separado (amilose em suspensão), foram adicionados 125 ml de n-butanol e submetido a agitação por 5 horas à temperatura ambiente, sendo, em seguida, centrifugado a 2 000 rpm por 30 minutos. O precipitado foi misturado com acetona e recuperado por filtração e seco em estufa a 40°C.

3.4.5. Susceptibilidade Enzimática

A susceptibilidade enzimática dos grânulos de amido foi determinada de acordo com o método de SANDSTEDT & MATTERN (57) executado de maneira semelhante à determinação do amido danificado. Porém, as determinações do teor de maltose foram realizadas de 24 em 24 horas, durante 9 dias, num total de 216 horas. Os valores encontrados em percentagem de maltose foram colocados em gráfico contra o tempo de incubação.

3.4.6. Densidade Absoluta

A densidade absoluta do amido foi determinada pelo método de SCHOCH & LEACH (60), com deslocamento de líquido em picnômetro, usando-se o xileno como líquido. Para o cálculo da densidade do xileno, o volume exato do picnômetro foi determinado com água destilada, tomando-se o valor tabelado de $0,99567\text{g/cm}^3$ para a densidade da água a 30°C .

A densidade do amido foi determinada em uma amostra de aproximadamente 5,0g, pesada com exatidão no picnômetro, e o volume deste completado devidamente com xileno. Após 15 minutos em equilíbrio a 30°C , o picnômetro cheio foi pesado e o valor da densidade absoluta calculado pela fórmula:

$$D = \frac{a \cdot d}{a + b - c}$$

Onde, D = densidade absoluta

a = peso da amostra

b = peso do picnômetro com xileno

c = peso do picnômetro com xileno e amostra

d = densidade do xileno

3.4.7. Viscosidade Intrínseca

A viscosidade intrínseca foi determinada pelo método de LEACH (36). As medidas de tempo de escoamento foram realizadas em viscosímetro de Ostwald nº 50, à 35°C , para a solução de NaOH

1N e as suspensões de amido a 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,4% e 0,5%(b.s.) em NaOH 1N. Também foi determinada a viscosidade intrínseca para as frações, amilose e amilopectina, separadas do amido.

Calculou-se a viscosidade cinemática em centistokes, pela fórmula:

$$v = kt - x$$

onde, v = viscosidade cinemática, em centistokes

k = inclinação da relação linear, em centistokes/segundo

t = tempo, em segundos

x = interseção negativa em centistokes, no tempo zero

Os dados para o viscosímetro nº 50 são:

Tempo de fluxo da água a 35°C = 196,8 segundos

Constantes da equação: $k = 0,003727$ centistokes/segundo

$x = 0,0026$ centistokes

O viscosímetro usado foi calibrado medindo-se o tempo de fluxo da água destilada a 35°C e corrigindo com o valor tabelado. Foi então calculado um fator de correção, para o viscosímetro em uso, cujo valor foi 0,6222, obtido como a relação entre o tempo de fluxo da água tabelado e o tempo de fluxo da água determinado, na mesma temperatura. A viscosidade intrínseca foi obtida por três diferentes métodos de análise gráfica dos dados, extrapolando, em cada caso, para a abcissa zero:

a) Viscosidade reduzida (viscosidade específica dividida pela concentração de amido) versus concentração:

$$\left[\frac{v_{\text{esp.}}}{c'} \right] \quad c \rightarrow 0$$

b) Viscosidade inerente (logaritmo natural da viscosidade relativa dividida pela concentração) versus concentração:

$$\left[\frac{\ln v_{\text{rel.}}}{c} \right] \quad c \rightarrow 0$$

c) Viscosidade reduzida versus viscosidade específica:

$$\left[\frac{v_{\text{esp.}}}{c} \right] v_{\text{esp.}} \rightarrow 0$$

A viscosidade relativa (v/v_0) é expressa como a relação entre a viscosidade cinemática do amido no solvente (v) e a viscosidade cinemática do solvente (v_0), ; a viscosidade específica é a viscosidade relativa menos um ($v/v_0 - 1$).

3.4.8. Poder de Inchamento e Índice de Solubilidade

Foram determinados segundo metodologia descrita por LEACH et alii (38), nas temperaturas de 50°, 60°, 70°, 80° e 90°C. Amostras de aproximadamente 1,5g de amido foram suspensas em 30ml de água destilada em tubos de centrífuga tarados e mantidos em banho com água a uma temperatura controlada com termostato por 30 minutos e com leve agitação. Os tubos foram posteriormente centrifugados e o sobrenadante foi evaporado e seco em estufa a 105°, para determinação da percentagem de solúveis extraída do amido. O

tubo e pasta foram pesados para cálculo do poder de inchamento.

O índice de solubilização e o poder de inchamento foram determinados, respectivamente, pelas fórmulas:

$$I.S. = \frac{\text{peso de resíduo após evaporação} \times 100}{\text{peso seco da amostra}}$$

$$P.I. = \frac{\text{peso da pasta após centrifugação}}{\text{peso seco da amostra} - \text{peso do resíduo após evaporação.}}$$

3.4.9. Temperatura de Gelatinização

Foram determinadas as temperaturas nas quais 3-5%, 45-50% e 90-95% dos grânulos de amido perderam a sua birrefringência, segundo SCHOCH & MAYWALD (61). Uma gota de uma suspensão aquosa de amido a 0,2% foi colocada em uma lâmina de microscópio, circun- dada com óleo mineral e coberta com lamínula. O material foi ob- servado ao microscópio Kofler, com controle para aumentar a tempe- ratura a uma taxa de 2°C/minuto, verificando-se o percentual de perda de birrefringência e anotando a temperatura correspondente.

3.4.10. Propriedades Viscográficas

As curvas de viscosidade foram obtidas de acordo com MAZURS et alii (46), utilizando viscoamilógrafo Brabender, com ve- locidade constante de 75rpm e com molas de sensibilidade de 700

cmg. A temperatura do aparelho foi elevada de 25°C até 95°C a uma taxa constante de 1,5°C/minuto, mantida a 95°C por 15 minutos e, em seguida, abaixada à mesma taxa constante até 50°C.

Os seguintes parâmetros foram tomados para interpretação dos amilogramas:

- Temperatura inicial de formação de pasta (°C): é a temperatura calculada com base no tempo de funcionamento do amilógrafo, correspondendo ao ponto onde se inicia o aumento da viscosidade no ciclo de aquecimento.

- Temperatura de viscosidade máxima (°C): é a temperatura calculada de maneira semelhante à anterior, correspondendo ao ponto mais alto da curva.

- Viscosidade máxima: é o valor da viscosidade no ponto máximo da curva, em Unidades Amilográficas (U.A.).

- Viscosidade a 95°C (U.A.): é o valor da viscosidade no ponto de máxima temperatura.

- Viscosidade a 95°C após 15 minutos (U.A.): é o valor da viscosidade após cozimento à temperatura constante de 95°C.

- Viscosidade a 50°C (U.A.): é o valor da viscosidade final no ciclo de resfriamento, quando a temperatura atinge 50°C.

a) Efeito da concentração

Foram construídas curvas de viscosidade Brabender para suspensões aquosas de amido nas concentrações de 6%, 8% e 10% p/v, em base seca, conforme descrito anteriormente.

b) Efeito do pH

Foram preparadas soluções tampão de fosfato dissódico-ácido cítrico com valores de pH de 3,5, 7 e 8. Com estas soluções foram preparadas suspensões a 10% p/v, base seca, sendo obtidas as curvas de viscosidade Brabender como em (a), para cada valor de pH da suspensão.

3.4.11. Sinerese - Efeito do Congelamento e descongelamento sobre o gel de amido

Foi usada a metodologia citada por ALBRECHT et alii (02). Uma suspensão de amido em água deionizada a 8% p/v, base seca, foi colocada no viscoamilógrafo Brabender e aquecida à taxa constante de 1,5°C/minuto de 25°C até 95°C, com agitação constante de 75 rpm.

O gel formado foi distribuído em 16 tubos de centrífuga, pesados, tampados e divididos em dois grupos de oito e deixados em congelador a - 12°C. No primeiro grupo, a cada 24 horas um tubo foi retirado, descongelado em água fervente por 20 minutos, centrifugado a 3 000 rpm por 15 minutos, sendo determinada a quantidade de água eliminada (em peso), a qual foi relacionada com o tempo. No segundo grupo, de 24 em 24 horas todos os tubos foram descongelados em água fervente por 20 minutos e um deles centrifugado e determinada a quantidade de água eliminada; os outros tubos foram novamente colocados no congelador, repetindo-se a operação a cada 24 horas. Após os ciclos de congelamento/descongelamento

mento, relacionou-se o teor de água eliminada (em peso) versus tempo.

3.4.12. Transparência do Gel

O gel foi obtido pelo aquecimento de uma dispersão de amido a 6% p/v (base seca), usando como diluente, solução tampão acetado, pH 6,0. O cozimento foi realizado em banho-maria fervente por 30 minutos.

Foram preparados géis, nas mesmas condições, de amidos do caule do abacaxizeiro (em estudo), de mandioca comercial ("polvilho doce Royal") e de milho comercial ("Maizena). Os géis foram transferidos para placas de Petri e então fotografados à quente e à frio (após 24 horas na temperatura ambiente), sobre um fundo branco e preto, para facilitar a observação visual da transparência dos mesmos, de acordo com CEREDA & WOSIACKI (20). A transparência do gel de amido do caule do abacaxizeiro foi também testada para diferentes concentrações (6%, 8%, 10%), da mesma maneira.

3.4.13. Firmeza do Gel

O gel foi obtido pelo cozimento, em banho-maria fervente por 30 minutos, de uma dispersão, de amido a 8% p/v (base seca) em tampão acetato, pH 6,0. Como para transparência do gel, foram preparados géis de amidos do caule do abacaxizeiro, mandioca e milho, os quais foram colocados em copos de plástico, deixados por

24 horas na temperatura ambiente e então, destacados e fotografados imediatamente, de acordo com CEREDA & WOSIACKI (20). A firmeza do gel de amido do caule do abacaxizeiro foi verificada também, para as concentrações de 6%, 8% e 10%.

3.5. FERMENTAÇÃO DO AMIDO

Uma amostra de amido de aproximadamente 500g foi colocada em um becker e totalmente suspensa em água destilada, de maneira que, após sedimentação do amido, uma camada de água de pelo menos 5 cm de altura, cobrisse o material. O becker foi coberto com gaze e o amido foi deixado fermentar naturalmente, na temperatura ambiente, com registro de temperatura e umidade relativa do ar, utilizando um termohigrógrafo.

O pH inicial da suspensão foi ajustado para próximo de 5,5 com adição de soluções diluídas de HCl ou NaOH. Durante todo o processo de fermentação, foram feitas determinações do pH da suspensão, tomando-se uma amostra e procedendo-se de acordo com a técnica da AACC (04). Estas determinações foram realizadas entre períodos de aproximadamente 5 dias. Quando o pH atingiu o valor de 4,2 e não abaixou mais, permanecendo constante em quatro determinações sucessivas, por um período próximo de 20 dias, o processo foi dado como terminado, sendo o valor 4,2 considerado como o pH no ponto final da fermentação. O período total de fermentação foi perto de 40 dias.

O final da fermentação foi observado também pela formação de gases, identificados por formação de bolhas na superfície da camada de amido, e, pelo aroma característico de produtos fermentados (polvilho azedo). Terminada a fermentação, a camada de líquido sobreadante foi descartada e o amido distribuído em bandejas, em finas camadas, e seco ao sol (ar livre).

O amido fermentado e seco foi acondicionado em frascos de vidro, sendo posteriormente analisados por seus teores de umidade, proteína e cinzas, conforme técnicas já citadas anteriormente neste trabalho.

Foram realizadas ainda, algumas análises de caracterização do amido fermentado, com o objetivo de compará-lo com o amido não fermentado, tais como: susceptibilidade enzimática, densidade absoluta, viscosidade intrínseca, temperatura de gelatinização e propriedades viscográficas, de acordo com metodologias também citadas anteriormente neste trabalho.

3.6. TESTE DE PANIFICAÇÃO

Foi realizado teste de panificação com o amido do caule do abacaxizeiro fermentado, comparando-o com o amido de mandioca fermentado (polvilho azedo comercial "Caribé"). Para isso, foram confeccionados biscoitos com os dois tipos de amidos, sob condições padronizadas, e comparados o poder de expansão dos amidos e a densidade dos produtos finais.

Foi usada a seguinte fórmula padrão, na confecção dos biscoitos, de acordo com CEREDA (18):

Ingredientes	Porcentagem
Amido fermentado *	100
Óleo	25
Sal	4
Água **	80

* foram usados o amido do caule do abacaxizeiro fermentado e o polvilho azedo comercial "Caribé"

** volume variável com o amido usado

Na confecção dos biscoitos foi empregada a técnica apresentada por CEREDA (18), com modificações.

O amido foi inicialmente pulverizado em liquidificador para desfazer a granulação característica do produto fermentado. Todos os ingredientes foram pesados e o amido misturado com 25% da água, inicialmente tomada como 80%. O óleo, juntamente com o sal, foram aquecidos à ebulição e, neste ponto, o amido foi jogado no próprio recipiente do aquecimento e misturado totalmente. Esta variação da técnica original foi adotada para facilitar a gelatinização do amido do caule do abacaxizeiro fermentado, uma vez que sua temperatura de gelatinização é muito mais alta do que a do amido de mandioca. Mais 25% da água também foi aquecida à ebulição e usada para esquentar o amido. A mistura foi então bem homo-

geneizada e o restante da água foi acrescentado aos poucos, misturando sempre. Na formulação usando o amido do caule do abacaxizeiro fermentado, os 80% de água da fórmula padrão foram suficientes para dar uma boa consistência da massa. Porém, na formulação com polvilho azedo comercial, foi necessário acrescentar 100% de água para dar a mesma consistência de massa anterior.

Os biscoitos foram moldados com um funil de confeitar, tentando padronizar ao máximo o tamanho dos mesmos, com diâmetro aproximado de 0,70cm e comprimento médio de 8cm. Os biscoitos foram pesados na assadeira (tarada) e levados a assar em forno a 180°C por 15 minutos, aproximadamente. Depois de assados e frios, os biscoitos obtidos a partir dos dois produtos foram comparados e realizadas determinações de peso e de diâmetro médio (com paquímetro). Foram então calculados e comparados os poderes de expansão e as densidades dos dois tipos de biscoito.

O poder de expansão foi calculado como a relação entre o volume do biscoito assado (produto acabado) e o volume do biscoito cru. O volume do biscoito assado foi obtido de duas maneiras: calculando-se pela fórmula $V = \pi \cdot r^2 \cdot h$ (volume de um cilindro) uma vez conhecido o diâmetro medido com paquímetro; e por deslocamento de painço, medido diretamente em proveta.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA MATÉRIA-PRIMA

A Tabela 5 mostra a composição química dos caules do abacaxizeiro colhidos em diferentes épocas pós-colheita dos frutos . Os resultados apresentados estão de acordo com os dados obtidos por CARVALHO et alii (13), segundo os quais, os maiores teores de amido são obtidos de caules colhidos aos 2 e 4 meses após a retirada dos frutos. CARVALHO et alii (13) obtiveram teores de amido de 55,14% e 49,67% em matéria seca para os caules da cultivar Cayenne colhidos aos 2 e 4 meses após a retirada dos frutos, respectivamente. COSTA (22), porém, encontrou valores de 42,01% ; 42,47%; 44,95%; 55,73% e 58,05% para teores de amido em matéria seca dos caules da mesma cultivar colhidos com 60, 90, 120, 150 e 180 dias pós-colheita dos frutos, mostrando aumento no teor de amido com a idade dos caules até 180 dias.

Segundo CARVALHO (12), os caules do abacaxizeiro podem permanecer no campo por períodos superiores a 4 meses sem quedas significativas nos teores de amido dos mesmos (expressos em matéria fresca), o que pode ser confirmado com os resultados apresentados na Tabela 5.

TABELA 5 - Composição química do caule do abacaxizeiro colhido em diferentes épocas pós-colheita dos frutos.

Caule	Amido*	Umidade	Gordura*	Proteína*	Cinza*	Fibra**	Açúcares (%)		
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	Red.	N.Red.	Totais
90 dias	55,62	65,72	2,90	5,66	2,85	6,12	0,88	0,45	1,35
120 dias	55,72	64,28	1,53	5,82	2,79	5,94	0,85	0,53	1,41
150 dias	50,84	72,50	1,38	5,34	3,42	8,12	0,92	0,28	1,22
180 dias	54,99	72,24	1,09	5,43	3,14	7,51	0,46	0,28	0,75

* base seca

** amostra seca e desengordurada

,

Os teores de açúcares redutores, não-redutores e totais obtidos neste trabalho mostraram-se inferiores aos valores alcançados por CARVALHO et alii (13) e COSTA (22). O maior teor de açúcares totais foi obtido para os caules colhidos na segunda época (Tabela 5), o que coincide com os resultados de CARVALHO et alii (13) que encontraram um teor de 3,49% destes açúcares em caules com 120 dias pós-colheita dos frutos.

O alto teor de amido do caule do abacaxizeiro obtido neste trabalho, confirmando resultados de estudos anteriores, justifica a sua extração e caracterização a partir desta matéria-prima.

Combinando o teor de amido do caule da cultivar Cayenne com 120 dias (19,90% em matéria fresca) e o peso do caule, considerado em média como 500 g, COSTA (22), e, considerando uma densidade de plantio de 40.000 plantas/ha, o rendimento em amido/ha da cultivar será de 3,98 t/ha. CARVALHO et alii (16) citam 4,3 t/ha. Estes valores aproximam de 5,1 t/ha da mandioca, quando se considera uma produtividade de raízes de 17 t/ha com teor de amido de 30%. A viabilidade da utilização do caule do abacaxizeiro para a obtenção de amido é reforçada pelo fato dele ser um resíduo agrícola.

Com relação aos outros componentes químicos dos caules observa-se que: o teor de gorgura diminuiu com a idade dos mesmos; o teor de proteína foi maior em caules com 120 dias pós-colheita dos frutos, diminuiu em caules com 150 dias para novamente aumen-

em caules com 180 dias; e, os teores de cinza e fibra mostraram tendências semelhantes, ou seja, diminuíram na 2ª época, foram máximos em caules com 150 dias pós-colheita dos frutos e voltaram a diminuir na 4ª época.

4.2. EXTRAÇÃO DO AMIDO

Na Tabela 6 são apresentados os rendimentos obtidos em relação à quantidade de amido dos caules, bem como os teores de umidade, gordura, proteína, cinzas e fibras do amido extraído a partir dos diferentes meios de extração. Pode-se observar que, em média, a solução de bissulfito de sódio equivalente a 0,2% de SO_2 foi o meio de extração que resultou em um maior rendimento em amido (44,34%). A extração com água destilada também proporcionou bom rendimento médio (39,84%), mas o amido obtido apresentou maior grau de impurezas, ou seja, maiores teores de gordura, proteína e cinzas, comparado com o produto da extração com solução de bissulfito de sódio. O amido extraído com solução de hidróxido de sódio a 0,2% foi o que apresentou maiores teores de cinzas residuais, possivelmente causado pela deficiência no processo de lavagem do amido, permanecendo resíduos de sódio no mesmo.

A solução de bissulfito de sódio equivalente a 0,2% de SO_2 , por proporcionar, aparentemente, maior rendimento no produto associado a um alto grau de pureza do amido obtido, foi então escolhida como meio para extração de amido de caules colhidos em quatro épocas diferentes. A Tabela 7 mostra os rendimentos alcançados

nas extrações a partir dos caules do abacaxizeiro da cultivar Cayenne colhidos em diferentes épocas pós-colheita dos frutos, assim como também a composição centesimal do amido extraído. Associado ao maior teor de amido (Tabela 5), o caule com 120 dias pós-colheita dos frutos foi o que apresentou maior rendimento neste produto, (Tabela 7). O teor de gordura do amido mostrou leve aumento com a idade do caule; o teor de proteína aumentou até a terceira época, diminuindo ligeiramente na quarta época e, os teores de cinzas e fibras aumentaram da primeira para a segunda época, depois diminuíram.

Os teores médios de gordura, proteína, cinzas e fibra do amido obtido por extração com solução de bissulfito de sódio (Tabela 7) são considerados baixos quando comparados com os de amidos extraídos de outros produtos, demonstrando a eficiência do processo de extração e purificação. Na Tabela 8 são apresentados os rendimentos de extrações e grau de pureza de amidos obtidos a partir de diferentes matérias-primas, comparados com o rendimento e grau de pureza médios das extrações com solução de bissulfito de sódio, do amido de caules do abacaxizeiro. Verifica-se que o rendimento em amido extraído a partir do caule do abacaxizeiro é comparável aos conseguidos com outros produtos e seu grau de pureza situa-se dentro das faixas de valores apresentados para os diversos amidos isolados.

O rendimento está associado ao processo de extração. Podem, por exemplo, ocorrer perdas do amido na água de suspensão, na

TABELA 6 - Rendimento das extrações e composição centesimal do amido do caule do abacaxi-zeiro

Meio de extração	Rendimento * (%)	Umidade (%)	Gordura * (%)	Proteína * (%)	Cinza * (%)
Água destilada	39,84	8,99	0,26	1,43	0,27
Bissulfito de sódio	44,34	11,46	0,18	1,23	0,24
Hidróxido de sódio	34,14	9,79	0,15	1,22	1,13
Água/tolueno	31,66	8,17	0,13	1,29	0,26

* base seca

TABELA 7 - Rendimento das extrações de amido com solução de bissulfito de sódio a 0,2% de SO₂, a partir de caules do abacaxizeiro com diferentes épocas de colheita e com posição centesimal do amido extraído.

Matéria-prima da Extração	Rendimento* (%)	Umidade (%)	Gordura* (%)	Proteína* (%)	Cinza* (%)	Fibra* (%)
Caule com 90 dias	46,06	11,64	0,19	0,67	0,22	0,33
Caule com 120 dias	52,50	12,31	0,25	0,85	0,35	0,88
Caule com 150 dias	45,55	10,23	0,26	0,88	0,21	0,53
Caule com 180 dias	50,86	11,03	0,31	0,82	0,16	0,42
Valores médios (\bar{x})	48,74	11,30	0,25	0,81	0,23	0,54

* base seca

associação com as fibras descartadas e nos resíduos retidos nos equipamentos utilizados, como liquidificador, baldes de decantação, peneiras, tubos de centrífuga e bandejas de secagem. Portanto, o rendimento no produto pode ser aumentado por otimização do processo de extração.

4.3. CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO

Todos os resultados das análises, apresentados a seguir, são características do amido obtido por extração com solução de bissulfito de sódio a 0,2% de SO_2 a partir dos caules do abacaxizeiro da cultivar Cayenne colhidos em quatro épocas pós-colheita dos frutos. Os amidos extraídos dos caules com diferentes idades foram misturados e tomados como uma única amostra representativa e em quantidade suficiente. Foi realizada uma nova determinação do teor de umidade da amostra cujo valor será utilizado em cálculos subsequentes onde se necessitará de valores em "base seca". O teor de umidade da amostra foi de 11,65%.

O valor médio obtido para o pH da amostra de amido isolado foi 6,35.

4.3.1. Amido Danificado

O teor de amido danificado foi de 0,20%, valor este muito baixo quando comparado com 0,84% a 4,17% e 3,70% a 8,57% obtidos por AMANTE (03) para amidos de variedades de mandioca e batata-doce, respectivamente.

TABELA 8 - Rendimento das extrações e grau de pureza de amidos obtidos a partir de diferentes matérias-primas comparados com o amido do caule do abacaxizeiro (base seca).

Fonte botânica do amido	Rendimento (%)	Proteína (%)	Gordura (%)	Cinzas (%)	Fibras (%)	Referência Bibliográfica
Caule do abacaxizeiro*	48,74	0,81	0,25	0,23	0,54	-
Mandioca	48,90-72,49	0,02-0,21	0,01-0,44	0,04-0,18	0,06-0,18	AMANTE(03), SARMENTO (58), FERREIRA(28), ROSENTHAL et alii(54)
Legumes	18-44	0,03-0,94	0,05-0,60	0,01-0,27	0,06-0,30	ROSENTHAL et alii (55), NAIVIKUL & D' APPOLONIA(49), LINEBACK & KE (39), SCHOCH & MAYWALD(62).
Batata-doce	36,51-76,67	0,06-0,18	0,04-0,24	0,12-0,87	-	AMANTE (03)
Guandu	-	0,156	0,127	0,08	-	ROSENTHAL et alii (56)
Chuchu	46,4	0,31	1,08	0,41	0,27	CRUZ & ELDASH (24)
Pinhão	21,89	0,07	1,00	0,08	-	WOSIACKI & CEREDA (78)
Adlay	44,9	0,50	0,89	0,63	0,98	ASCHERI (07)
Trigo	80-94	0,33	1,00	-	-	SOULAKA & MORRISON (66) ARBUCKLE & GREENWOOD (06)

* Valores médios da extração com solução de bissulfito de sódio a partir dos caules colhidos nas quatro épocas pós-colheita dos frutos.

O baixo percentual de amido danificado pode ser atribuído à eficiência do processo de extração e purificação do amido e pode estar relacionado com a resistência dos grânulos de amido do caule do abacaxizeiro ao rompimento ou quebra durante processamento.

4.3.2. Tamanho e Forma dos Grânulos

Pelos dados apresentados na Tabela 9, verifica-se que os grânulos de amido do caule do abacaxizeiro são pequenos, com extremos de tamanho entre $5,06\mu$ e $16,50\mu$ de diâmetro e, com mais de 50% dos grânulos apresentando diâmetro abaixo de 10μ .

Comparando estes resultados com os valores apresentados na literatura (Tabela 2), observa-se que o tamanho dos grânulos de amido do caule do abacaxizeiro situa dentro da faixa de tamanhos de grânulos de amidos conhecidos.

As fotomicrografias obtidas ao microscópio ótico e com polarização, do amido do caule do abacaxizeiro, são apresentados nas Figuras 1 e 2, donde observa-se que os grânulos deste amido apresentam formas arredondadas e irregulares e todos eles apresentam cruces de polarização central.

4.3.3. Teor de Amilose

O conteúdo de amilose do amido do caule do abacaxizeiro

foi determinado por meio de dois métodos, ambos baseados na capacidade da amilose em complexar com iodo dando coloração azul. Obteve-se, pelo método colorimétrico de WILLIAMS et alii (74), 39,88% de amilose (valor obtido por comparação com uma curva padrão de amilose), enquanto pelo método de absorção de iodo "Blue Value", o valor obtido foi 41,99%. Na Tabela 10 são apresentados os resultados obtidos na determinação do teor de amilose por meio de "Blue Value".

Observa-se que os resultados alcançados pelos dois métodos foram semelhantes e em torno de 40%. Este valor é considerado alto comparado com os teores de amilose de amidos conhecidos, como por exemplo os amidos de cereais normais. O conteúdo de amilose do amido do caule do abacaxizeiro não chega, no entanto, a ser igual aos valores obtidos para "amylomaize" e ervilha enrugada, que são conhecidos como "high amylose", ou amidos com altos teores de amilose. SCHOCH & MAYWALD (62) determinaram 75% de amilose em amido de ervilha enrugada e DEXTER & MATSUO (25) encontraram 51,9% de amilose em "amylomaize", embora outros autores citam teores ainda maiores para este tipo de amido. COLONNA & MERCIER (21), em seu estudo com amidos de milho e ervilha, encontraram teores de amilose de 61,7% e 76,0% para os amidos de milho e ervilha ricos em amilose, respectivamente.

Em função do alto conteúdo de amilose do amido do caule do abacaxizeiro, pressupõe-se a existência de fortes ligações em seus grânulos, pela associação de moléculas lineares.

TABELA 9 - Distribuição percentual do tamanho dos grânulos de amido do caule do abacaxizeiro

Diâmetro (μ)	Percentual de Distribuição (%)
5,0 - 10,0	54,4
10,0 - 20,0	44,6

Média aritmética * = 9,8916

Desvio padrão = 2,9655

Variância = 8,7942

* média de 121 observações

TABELA 10 - Determinação iodométrica de amilose no amido do caule do abacaxizeiro

Amostra	Concentração (mg/dl)	Absorbância	"Blue Value"	Amilose (%)
Amido do caule do abacaxizeiro	2,4	0,257	0,428	41,99
Amilose pura de batata	1,0	0,255	1,020	100

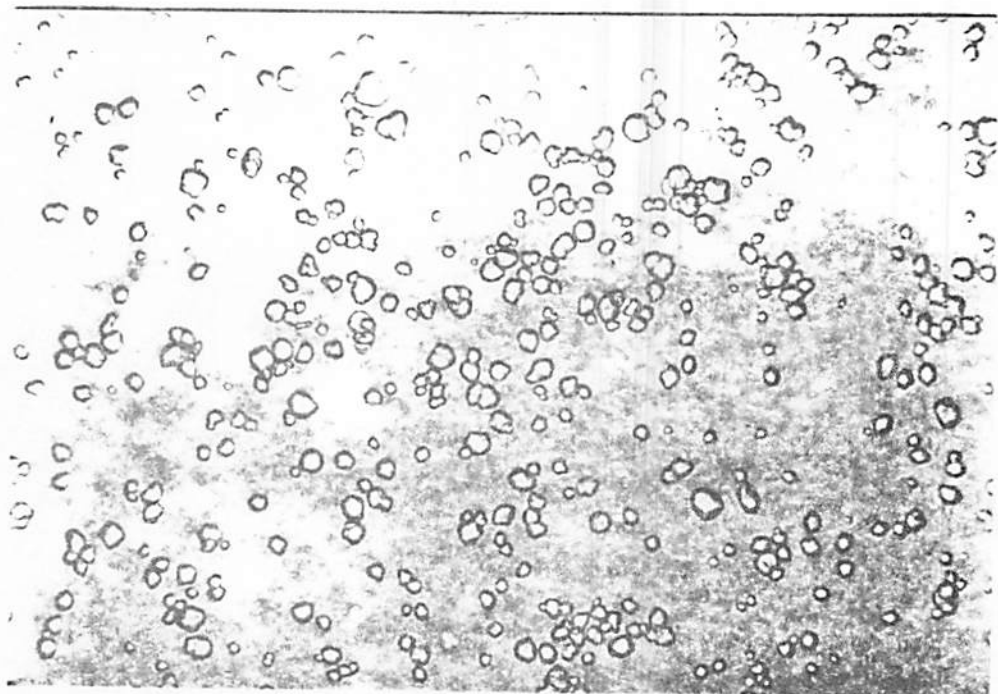


Figura 1 - Fotomicrografia dos grânulos de amido do caule do abacaxizeiro observados ao microscópio ótico (aumento de 64x)

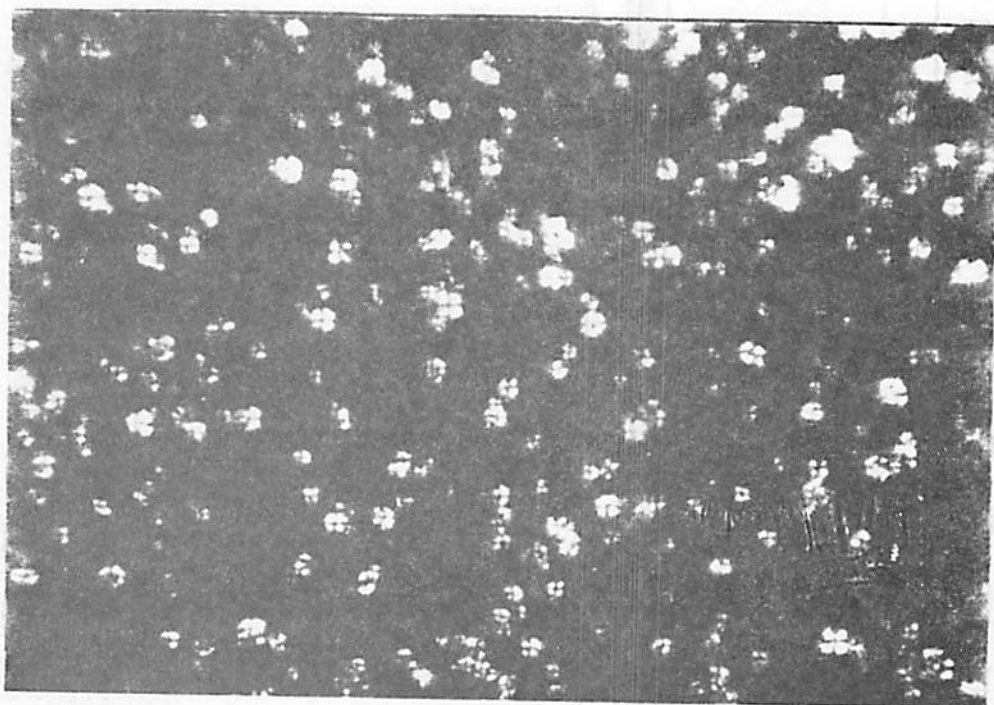


Figura 2 - Fotomicrografia dos grânulos de amido do caule do abacaxizeiro observados ao microscópio sob luz polarizada, demonstrando a formação de cruz de polarização em todos os grânulos. (aumento de 64 x).

4.3.4. Fracionamento do Amido

O amido do caule do abacaxizeiro foi fracionado em seus componentes, amilose e amilopectina, por precipitação com n-butanol e metanol, respectivamente.

Foi realizado um teste da pureza da amilose extraída, por comparação com uma curva padrão de amilose pura de batata, utilizando-se a técnica de WILLIAMS et alii (74) descrita para determinação do teor de amilose. Verificou-se que a amilose extraída por fracionamento do amido do caule do abacaxizeiro apresentou-se com um grau de pureza de aproximadamente 90%, comparada com a amilose de batata comercial, considerada 100% pura.

As frações amilose e amilopectina foram caracterizadas por suas viscosidades intrínseca, que dão uma idéia do tamanho de suas moléculas. Os resultados destes testes serão apresentados juntamente com a viscosidade intrínseca do amido como um todo.

4.3.5. Susceptibilidade Enzimática

A Figura 3 mostra a susceptibilidade do amido do caule do abacaxizeiro ao ataque enzimático. Verifica-se que a atuação da α -amilase sobre o amido granular é muito pequena e mesmo após 216 horas de incubação, a hidrólise foi muito baixa, produzindo menos de 4,0% de maltose.

A susceptibilidade enzimática do amido do caule do abaca

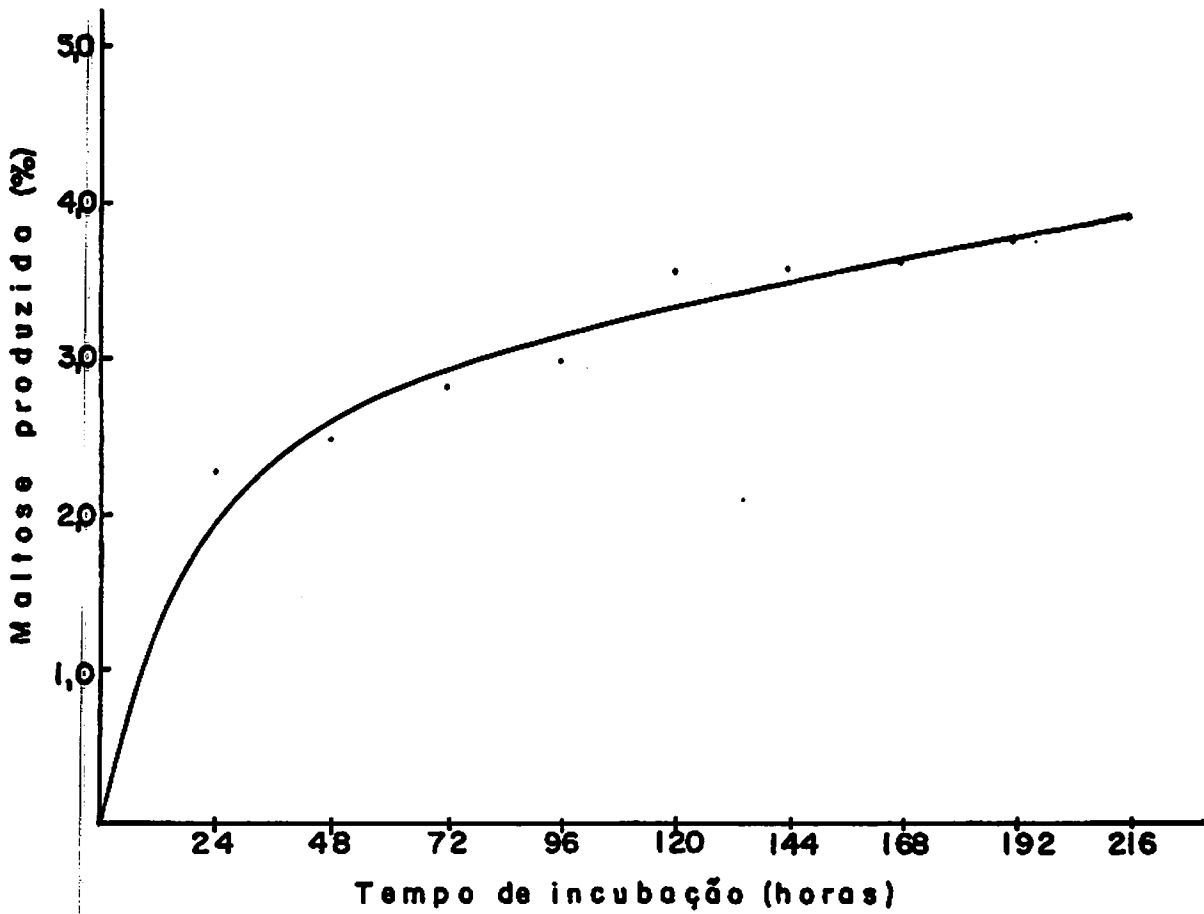


Figura 3. Susceptibilidade enzimática do amido do caule do abacaxizeiro

xizeiro foi semelhante à conseguida para o amido de chuchu que, segundo CRUZ & ELDASH (24), após 168 horas de incubação, também produziu menos de 4,0% de maltose, e, muito menor do que a dos amidos de variedades de mandioca e batata-doce, estudados por AMANTE (03). O autor mostra que mesmo para o amido da variedade de mandioca menos susceptível ao ataque enzimático, a produção de maltose foi de 11%, após 168 horas de incubação e, o amido da variedade mais susceptível produziu, após este período, aproximadamente 19,5% de maltose. Para amidos de batata-doce, as variedades menos susceptível e mais susceptível produziram, respectivamente e aproximadamente, 16,5% e 29,0% de maltose.

A baixa susceptibilidade enzimática do amido do caule do abacaxizeiro está de acordo com o alto teor de amilose do mesmo, o que confere aos seus grânulos alta resistência (difícil acesso das enzimas), como mencionado anteriormente neste trabalho.

Segundo AMANTE (03), informações sobre a susceptibilidade enzimática vêm direcionar a aplicação dos amidos, principalmente quanto à produção de álcool. Sendo assim, pode-se concluir que o amido do caule do abacaxizeiro não é muito indicado como substituto do amido de mandioca na produção de álcool etílico, como sugerem CARVALHO et alii (14) e MARZOLA & BARTHOLOMEW (45), embora apresente bom rendimento comparado com o segundo produto.

4.3.6. Densidade Absoluta

A densidade absoluta do amido do caule do abacaxizeiro, obtida por deslocamento de xileno em picnômetro foi de 1,5087g/ml. Este valor situa-se dentro da faixa média, descrita na literatura, para diferentes amidos (Tabela 3).

4.3.7. Viscosidade Intrínseca

Na Tabela 11 são apresentados os dados obtidos para determinação da viscosidade cinemática, bem como os parâmetros para cálculo da viscosidade intrínseca do amido do caule do abacaxizeiro e a Figura 4 mostra as curvas obtidas a partir das três relações apresentadas para determinação da viscosidade intrínseca, ou seja, viscosidade reduzida X concentração, viscosidade inerente X concentração e viscosidade reduzida X viscosidade específica.

A viscosidade intrínseca foi obtida pela média dos valores encontrados nas três relações, extrapolando para a abcissa zero. O valor médio encontrado foi 1,4798 ml/g.

A viscosidade cinemática do solvente NaOH 1N foi $v_0 = 0,8632$ centistokes, que corresponde a um tempo de fluxo de 232,3 segundos.

A viscosidade intrínseca do amido do caule do abacaxizeiro situa-se na faixa de valores encontrados para amidos conhecidos, como apresentado na literatura (Tabela 4).

TABELA 11 - Dados para determinação da viscosidade cinemática e parâmetros para cálculo da viscosidade intrínseca do amido do caule do abacaxizeiro.

Concentração (%) *	Tempo de fluxo (s) **	Viscosidade cinemática (v) (centistokes)	Viscosidade relativa (v/v_0)	Viscosidade específica ($v/v_0 - 1$)	Viscosidade reduzida ($\frac{v/v_0 - 1}{c}$)	Viscosidade inerente ($\frac{\ln v/v_0}{c}$)
0,1	267,2	0,9933	1,1507	0,1507	1,5069	1,4036
0,2	309,5	1,1509	1,3333	0,3333	1,6666	1,4384
0,3	354,0	1,3168	1,5255	0,5255	1,7516	1,4077
0,4	396,0	1,4733	1,7068	0,7068	1,7670	1,3366
0,5	445,5	1,6578	1,9205	0,9205	1,8411	1,3052

* base seca

** obtido corrigindo-se o valor lido pelo fator 0,6222

- v_{esp}/c versus c (A)
 - - - $\ln v_{rel}/c$ versus c (B)
 v_{esp}/c versus v_{esp} (C)

Equações das retas:

(A) $y = 0,7688x + 1,4760; r = 0,9518$

(B) $y = -0,2986x + 1,4679; r = 0,8549$

(C) $y = 0,4003x + 1,4956; r = 0,9484$

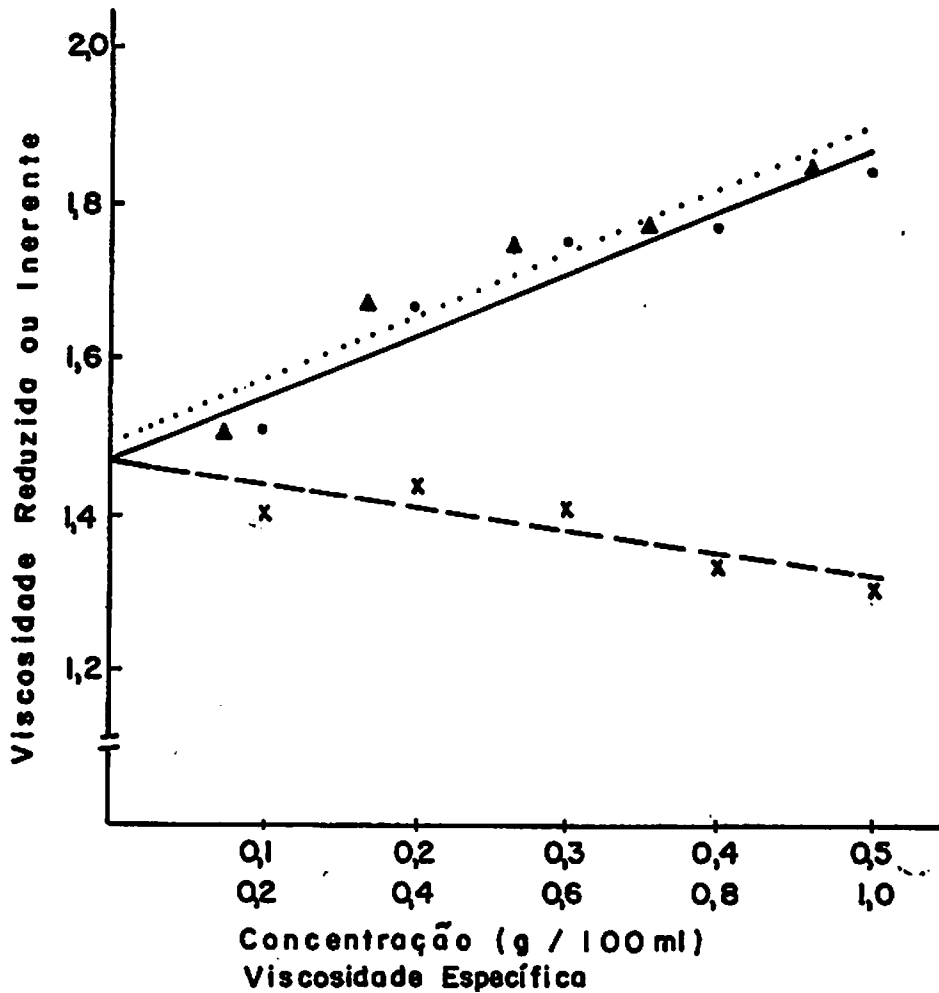


Figura 4. Determinação da viscosidade intrínseca do amido do caule do abacaxizeiro.

As Tabelas 12 e 13 mostram os dados obtidos para determinação da viscosidade cinemática e os parâmetros para cálculo das viscosidades intrínseca das frações amilose e amilopectina, respectivamente, separadas do amido em estudo. As Figuras 5 e 6 mostram as curvas obtidas pelas três relações para determinação das viscosidades intrínseca das frações. Os valores encontrados, de maneira semelhante à anterior para o amido todo, foram 2,8815 ml/g e 2,6830 ml/g, correspondentes às viscosidades intrínseca da amilose e da amilopectina, respectivamente. Observa-se que a viscosidade intrínseca obtida para a fração amilose situa-se na faixa de valores apresentados na Tabela 4 para amiloses de amidos estudados, porém, o valor encontrado para a viscosidade intrínseca da amilopectina, foi muito maior do que os reportados na literatura, WOLFF et alii (76), e apresentados na Tabela 4.

Uma vez que a viscosidade intrínseca representa um índice de dimensões moleculares, possivelmente a amilopectina do amido do caule do abacaxizeiro apresenta maior peso molecular do que a mesma fração em outros tipos de amidos. O tipo de viscosímetro usado (nº 50) também contribui para o aumento da viscosidade intrínseca, como verificado por LEACH (36).

4.3.8. Poder de Inchamento e Índice de Solubilidade

O poder de inchamento e o índice de solubilidade como função da temperatura são mostrados nas Figuras 7 e 8.

TABELA 12 - Dados para determinação da viscosidade cinemática e parâmetros para cálculo da viscosidade intrínseca da amilose do amido do caule do abacaxizeiro.

Concentração (%) *	Tempo de fluxo (s) **	Viscosidade cinemática (v) (centistokes)	Viscosidade relativa (v/v ₀)	Viscosidade específica (v/v ₀ - 1)	Viscosidade reduzida $\frac{(v/v_0 - 1)}{c}$	Viscosidade inerente $\frac{(\ln v/v_0)}{c}$
0,1	300,1	1,1159	1,2927	0,2927	2,9274	2,5677
0,2	384,6	1,4308	1,6576	0,6576	3,2880	2,5268
0,3	441,7	1,6436	1,9041	0,9041	3,0138	2,1468
0,4	511,9	1,9053	2,2072	1,2072	3,0181	1,9794

* base seca

** obtido corrigindo-se o valor lido pelo fator 0,6222

TABELA 13 - Dados para determinação da viscosidade cinemática e parâmetros para cálculo da viscosidade intrínseca da amilopectina do amido do caule do abacaxizeiro.

Concentração (%) *	Tempo de fluxo (s) **	Viscosidade cinemática (v) (centistokes)	Viscosidade relativa (v/v ₀)	Viscosidade específica (v/v ₀ - 1)	Viscosidade reduzida $\frac{(v/v_0 - 1)}{c}$	Viscosidade inerente $\frac{(\ln v/v_0)}{c}$
0,1	298,4	1,1095	1,2854	0,2854	2,8540	2,5107
0,2	386,1	1,4364	1,6641	0,6641	3,3203	2,5463
0,3	457,7	1,7032	1,9732	0,9732	3,2441	2,2656
0,4	552,6	2,0569	2,3830	1,3830	3,4574	2,1709

* base seca

** obtido corrigindo-se o valor lido pelo fator 0,6222

- V_{esp}/c versus c (A)
 - - - - $\ln v_{\text{rel}}/c$ versus c (B)
 V_{esp}/c versus V_{esp} (C)

Equações das retas :

(A) $y = 0,3209x + 2,9009$; $r = 0,9578$

(B) $y = -2,1449x + 2,8414$; $r = 0,9607$

(C) $y = 0,1053x + 2,9021$; $r = 0,9584$

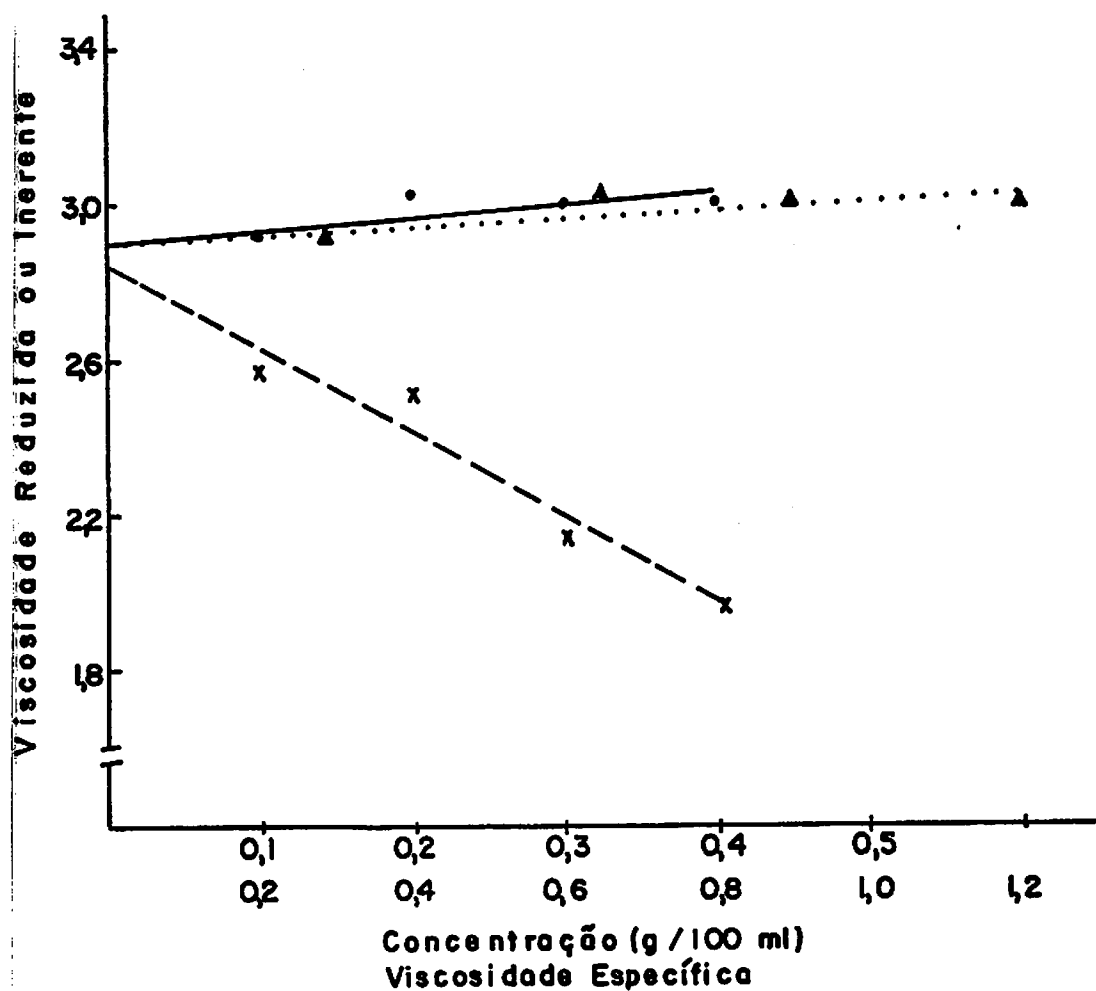


Figura 5. Determinação da viscosidade intrínseca da amilose do amido do caule do abacaxizeiro.

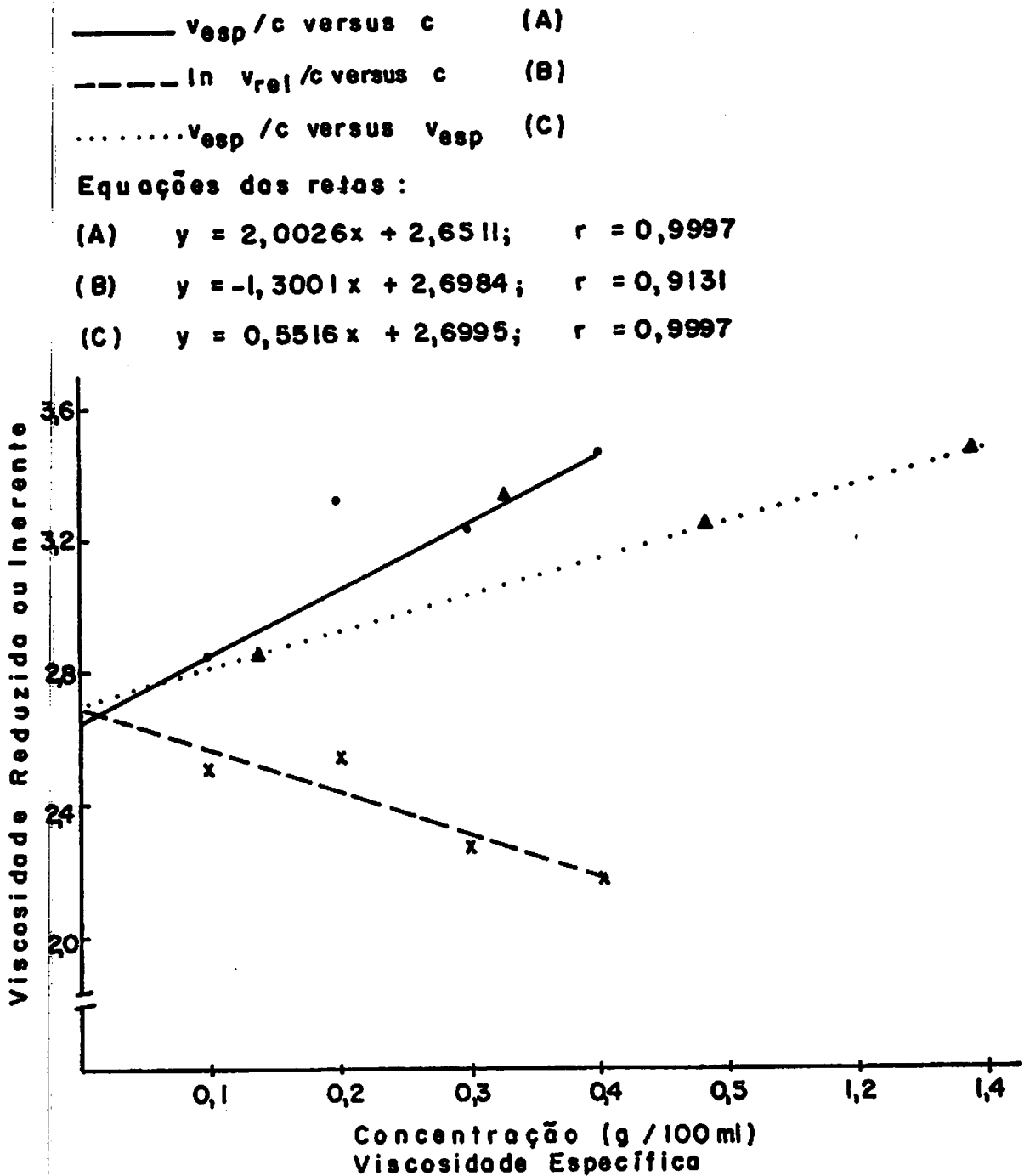


Figura 6. Determinação da viscosidade intrínseca da amilopectina do amido do caule do abacaxizeiro.

Verifica-se que o poder de inchamento do amido do caule do abacaxizeiro permanece praticamente constante com o aumento da temperatura até 80°C, mostrando ligeiro aumento a partir deste ponto, e atingindo o valor de 2,89 a 90°C. Semelhantemente, o aumento na solubilização do amido do caule do abacaxizeiro como função da temperatura, só se manifesta a partir de 70°C, atingindo apenas 1,41% a 90°C. Estes valores de poder de inchamento e índice de solubilidade são considerados muito baixos quando comparados com os dados apresentados na literatura (Tabela 2) para diversos tipos de amidos, aproximando-se mais dos valores para os amidos com altos teores de amilose, a saber, "amylomaize" e ervilha enrugada.

SCHOCH & MAYWALD (62) encontraram um valor de poder de inchamento a 90°C para o amido de ervilha enrugada (75% de amilose) igual a 5 e índice de solubilidade igual a 15,5% na mesma temperatura. COLONNA & MERCIER (21) encontraram valores de 7 para poder de inchamento a 96°C de amidos de milho e ervilha enrugada ricos em amilose e índice de solubilidade, na mesma temperatura, entre 5% e 10%. LEACH et alii (38) apresentam valores de 5,5 e 6,3 para poder de inchamento e 19,1% e 12,4% para índice de solubilidade a 95°C para amidos de ervilha enrugada e de milho rico em amilose, respectivamente.

Os valores obtidos para o amido do caule do abacaxizeiro neste estudo foram ainda menores do que os mostrados acima para amidos com alto conteúdo de amilose. Este fato vem confirmar as ex

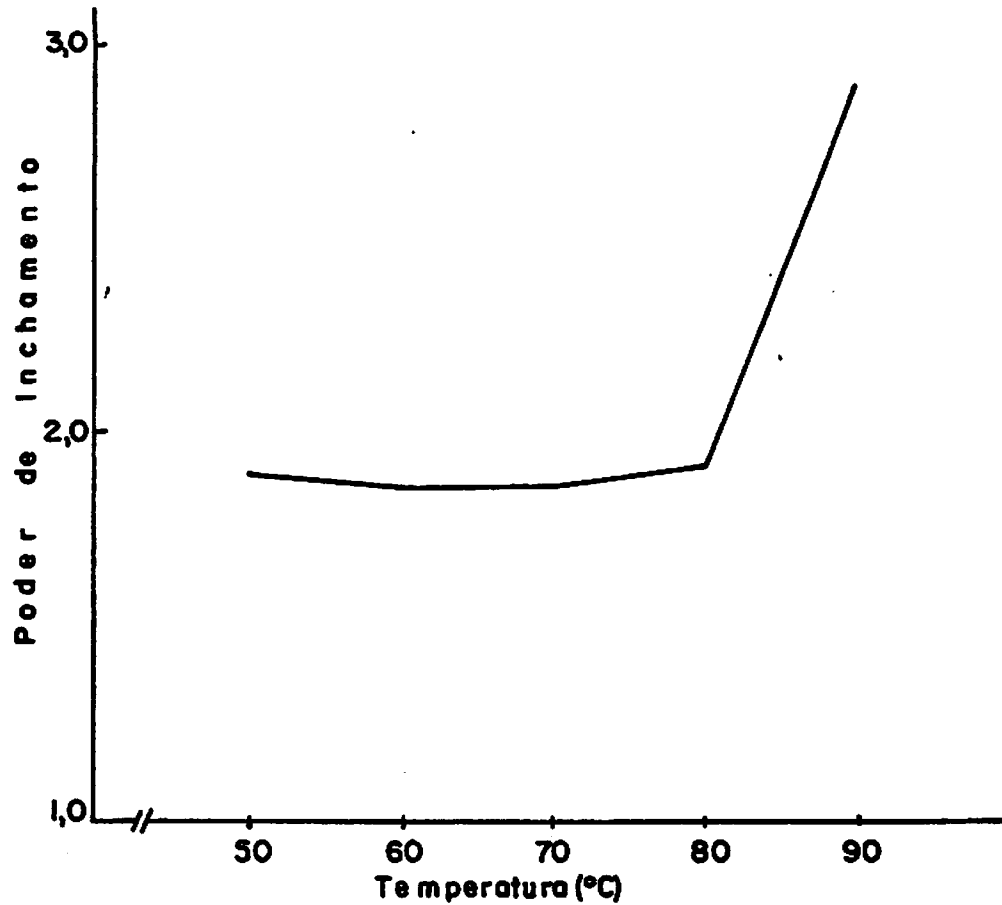


Figura 7. Poder de inchamento do amido do caule do abacaxizeiro

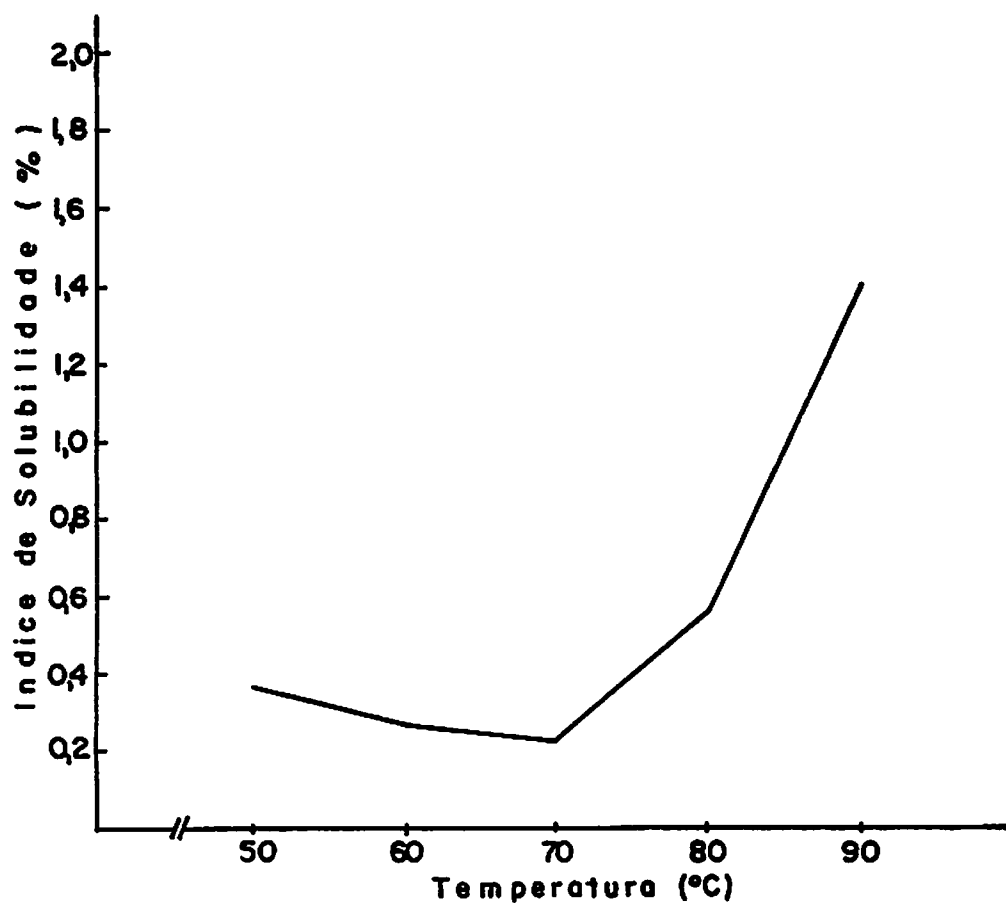


Figura 8. Índice de solubilidade do amido do caule do abacaxizeiro

pectativas com relação a este amido, uma vez que ele também apresenta um alto teor de amilose, indicando a presença de fortes ligações assocoativas em seus grânulos. O grau de associação nos grânulos do amido do caule do abacaxizeiro é ainda maior do que nos amidos de ervilha enrugada e "amylomaize", apesar do menor conteúdo de amilose do primeiro, possivelmente, devido ao pequeno tamanho de seus grânulos. Portanto, o amido do caule do abacaxizeiro necessita de uma energia térmica muito alta para romper as ligações que mantêm a integridade dos grânulos.

Segundo LEACH et alii (38), em amidos com alto conteúdo de amilose ("amylomaize" e ervilha enrugada), a maior parte dos grânulos é altamente organizado e não existem regiões amorfas "fracas" para sofrer inchamento. Tais grânulos podem não mostrar gelatinização mesmo a 95°C .

LORENZ (40) obteve um valor de poder de inchamento a 90°C igual a 3,53 para o amido de "amaranthus hypochondriacus", embora o índice de solubilidade tenha sido relativamente alto (37,43% a 90°C). Como este tipo de amido apresentou um pequeno conteúdo de amilose (7,2%); o autor associou o baixo poder de inchamento do amido ao pequeno tamanho dos seus grânulos.

Portanto, o relativamente pequeno tamanho dos grânulos do amido do caule do abacaxizeiro é suposto contribuir, juntamente com o alto teor de amilose do mesmo, para a grande resistência ao inchamento e solubilização deste amido.

4.3.9. Temperatura de Gelatinização

A temperatura de gelatinização é determinada pela perda, de birrefringência dos grânulos de amido, a qual é verificada em uma faixa de temperatura e não em uma única temperatura, uma vez que todos os grânulos em uma amostra não perdem sua birrefringência simultaneamente, mas sobre uma faixa de variação de 8° a 10°C , segundo, SCHOCH & MAYWALD (61).

Na Tabela 14 são mostradas as temperaturas de perda de birrefringência do amido do caule do abacaxizeiro observado ao microscópio com aquecimento Kofler. Verificou-se que, aproximadamente, 3 a 5% dos grânulos de amido perderam birrefringência a $79,0^{\circ}\text{C}$ e, que a perda de birrefringência é praticamente total a $90,3^{\circ}\text{C}$. Comparando com os valores apresentados na literatura (Tabela 2) para temperaturas de gelatinização, observa-se que a perda de birrefringência dos grânulos do amido do caule do abacaxizeiro ocorre em uma faixa de temperatura superior à da maioria dos amidos estudados, sendo semelhante à de "amylomaize" ($85^{\circ}\text{C} - 87^{\circ}\text{C}$) e de ervilha enrugada ($69^{\circ}\text{C} - 83^{\circ}\text{C}$), amidos com altos teores de amilose.

Novamente, a alta faixa de temperatura de gelatinização característica do amido do caule do abacaxizeiro vem confirmar o alto grau de associação nas áreas amorfas dos grânulos de amido, necessitando de uma alta energia térmica para que a organização granular seja desfeita com conseqüente perda de birrefringência dos grânulos.

TABELA 14 - Temperatura de perda de birrefringência dos grânulos de amido do caule do abacaxizeiro, observado ao microscópio Kofler

Temperatura (°C)	Perda de birrefringência (%)
79,0	3 - 5
86,0	45 - 50
90,3	95 - 100

TABELA 15 - Características de viscosidade do amido do caule do abacaxizeiro em diferentes concentrações

Parâmetros de Viscosidade	Concentração (% p/v) *		
	6	8	10
Temperatura inicial de formação de pasta (°C)	85,0	85,0	85,0
Temperatura de viscosi- dade máxima (°C)	97,0	89,5	88,0
Viscosidade máxima (U.A.)	54	145	325
Viscosidade a 95°C (U.A.)	50	135	265
Viscosidade após 15 min. a 95°C (U.A.)	45	90	165
Viscosidade a 50°C (U.A.)	60	140	280

* base seca

4.3.10. Propriedades Viscográficas

O formato das curvas de viscosidade (amilogramas) possibilita acompanhar o comportamento do amido durante o cozimento e resfriamento.

Segundo SCHOCH & MAYWALD (62), os padrões de viscosidade da pasta quente são determinados pela extensão do inchamento dos grânulos de amido e pela resistência dos grânulos inchados à dissolução pelo calor ou fragmentação por cisalhamento.

a) Efeito da concentração sobre as propriedades de pasta do amido

Na Figura 9 são mostrados os amilogramas obtidos para suspensões de amido do caule do abacaxizeiro nas concentrações de 6%, 8% e 10% (p/v em base seca) em água destilada e, na Tabela 15, são apresentados os parâmetros de interpretação dos amilogramas.

Este amido apresenta uma alta temperatura inicial de formação de pasta e uma baixa viscosidade máxima da pasta quente, como consequência do elevado grau de associação em seus grânulos, já caracterizado em função de outras propriedades.

Observa-se que em baixas concentrações de amido (6%), não há formação de pico de pasta e os grânulos não incham suficientemente para dar uma pasta viscosa. A baixa viscosidade da pasta quente permanece praticamente constante durante todo o período de cozimento a 95°C, indicando estabilidade da pasta quente, e, au -

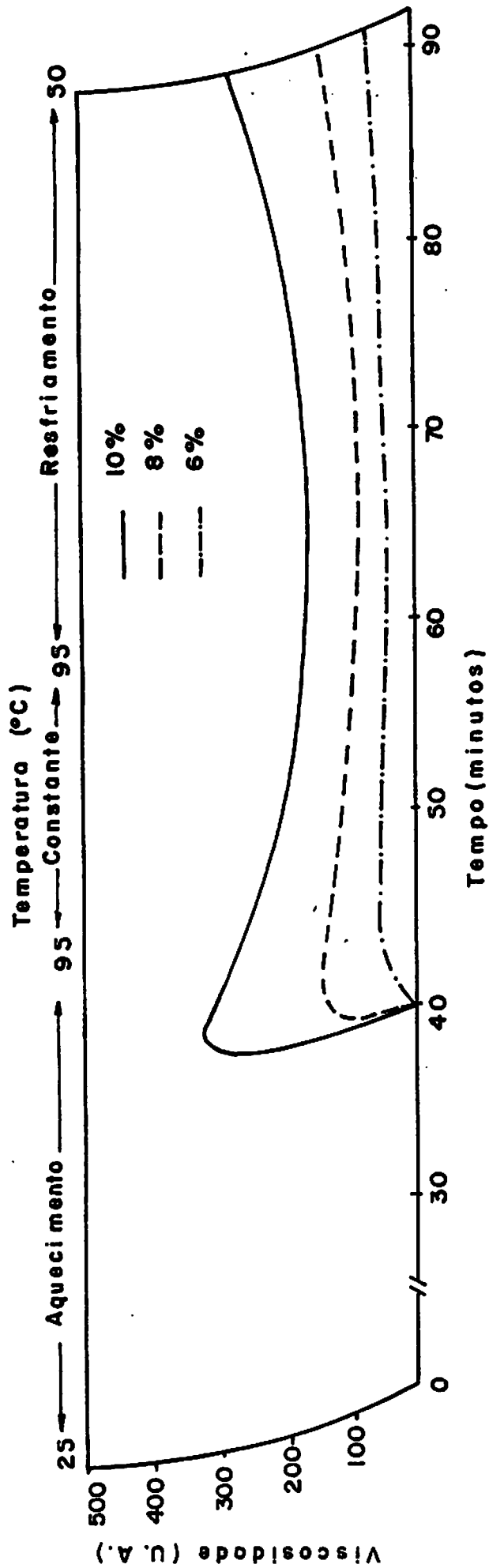


Figura 9. Efeito da concentração nas características de viscosidade do amido do coule do abacaxizeiro.

menta ligeiramente com o resfriamento. A viscosidade máxima durante todo o processo foi alcançada a 50°C, na concentração de 6% (p/v).

A viscosidade é uma medida da dificuldade de movimentação dos grânulos de amido em uma suspensão, estando, pois, diretamente relacionada à concentração da mesma.

Como mostrado na Figura 9 e Tabela 15, quando a concentração de amido na suspensão é aumentada, verifica-se que não ocorre qualquer modificação na temperatura inicial de formação de pasta, porém observa-se um aumento na viscosidade máxima no ciclo de aquecimento com tendência à formação de picos de pasta cada vez mais acentuados e, menores temperaturas de viscosidade máxima, embora os valores para viscosidade máxima continuem pequenos, mesmo em concentração de 10% (325 U.A.).

Com o aumento da concentração de amido do gel, há uma maior aglomeração de grânulos entumescidos e também maior fricção entre os grânulos gelatinizados, aumentando, portanto, a ocorrência de danos por ação mecânica. A pasta torna-se instável, com maior decréscimo na viscosidade durante o cozimento.

A viscosidade da pasta fria a 50°C também aumenta com a concentração, aumentando a tendência à retrogradação do amido.

Comparando os resultados obtidos para o amido do caule do

abacaxizeiro (Tabela 15) com os dados apresentados na Tabela 16 para algumas características de viscosidade de diferentes tipos de amidos, observa-se que este amido apresenta uma temperatura inicial de formação de pasta superior à encontrada para a maioria dos amidos estudados, evidenciando o maior grau de associação em seus grânulos. O amido do caule do abacaxizeiro apresenta ainda uma viscosidade máxima da pasta quente muito menor, quando comparado com os outros amidos em uma mesma concentração.

De acordo com a classificação de SCHOCH & MAYWALD (62), o amido do caule do abacaxizeiro é do tipo "D". Os amidos deste tipo apresentam um poder de inchamento muito baixo, característico de amidos com alto teor de amilose ("amylomaize" e ervilha enrugada). Por causa da rigidez interna, proporcionada pelo alto conteúdo de moléculas lineares associadas, os grânulos destes amidos não incham suficientemente para dar pastas viscosas quando cozidos em água, em concentrações normais. Portanto, são necessárias, altas concentrações de amido para obter pastas quentes, significativamente viscosas.

DEXTER & MATSUO (25) constataram que uma suspensão a 6% (p/v) de amido de milho rico em amilose ("amylomaize") não formou gel sob cozimento; as viscosidades máxima, no ciclo de aquecimento, e a 50°C, no resfriamento, foram nulas, como apresentado na Tabela 16.

b) Efeito do pH sobre as propriedades de pasta do amido

TABELA 16 - Características de viscosidade de amidos de diferentes origens

Origem botânica do amido	Conc. (%)	Temperatura de pasta (°C)	Viscosidade máxima (U.A.)	Viscosidade a 95°C (U.A.)	Viscosidade a 50°C (U.A.)	Referência bibliográfica
Mandioca	6	58,75-72,10	623 - 1140	350 - 615	355 - 600	AMANTE (03), SARMENTO (58), FERREIRA (28)
Legumes	6	66 - 77	10 - 1080	10 - 1240	90 - 2500	ROSENTHAL et alii (55), NAIVIKUL & D'APPOLONIA (49)
Batata-doce	6	68,60-80,75	768 - 1000	536 - 776	688 - 1000	AMANTE (03)
Cará-de-rama	5	77	-	290	700	KIBUUKA et alii (35)
	7	77	-	520	940	"
Adlay	6	71,5	600	240	280	ASCHERI (07)
	8	71,5	890	340	380	"
Pinhão	6	64	180	180	340	CEREDA & WOSIACK (20)
Cereais normais	-	74 - 85	380 - 880	-	510 - 630	DEXTER & MATSUO (25)
Milho ceroso	-	69	1650	-	180	"
Amyloamaize	-	-	0	-	0	"
Sorgo	10	68 - 77,5	640 - 1170	-	355 - 1250	AKINGBALA & ROONEY (01)
Milho	6	81	180 - 410	180 - 410	540 - 700	CEREDA & WOSIACKI (55) ROSENTHAL et alii

Na Figura 10 são mostrados os amilogramas obtidos para suspensões de amido do caule do abacaxizeiro a 10% (p/v em base seca) em diferentes pHs e, na Tabela 17 são apresentados os parâmetros de interpretação dos amilogramas. Observa-se que, tanto a temperatura inicial de formação de pastas quanto a temperatura de viscosidade máxima, aumentaram com o aumento do pH. As viscosidades máxima e a 95°C, no ciclo de aquecimento, também aumentaram, com o pH, sendo que o aumento mais significativo ocorreu entre os pHs 7 e 8. Verifica-se ainda que em pHs 3 e 8 (extremos), ocorreu uma maior queda na viscosidade durante o cozimento, acentuando o pico de pasta. Este mesmo resultado foi observado por ASCHERI(07), com amido de adlay, segundo o qual, em meio ácido ocorre hidrólise das frações amilose e amilopectina, rompendo a estrutura micelar do grânulo e, em meio alcalino ocorre desestabilização das pontes de hidrogênio. De acordo com LEACH et alii (38), quando um amido granular é tratado com ácido diluído à quente, ocorre hidrólise nas áreas intermicelares mais acessíveis, enfraquecendo a rede dentro dos grânulos que quebram-se pelo cozimento, com redução acentuada na viscosidade.

A Figura 10 e Tabela 17 também mostram que a viscosidade, final a 50°C, aumenta com o pH e que o maior aumento na viscosidade durante o ciclo de resfriamento se deu em pH 8 (270 U.A.) e o menor aumento em pH 3 (15 U.A.). Portanto, a tendência à retrogradação do amido aumenta com o aumento do pH.

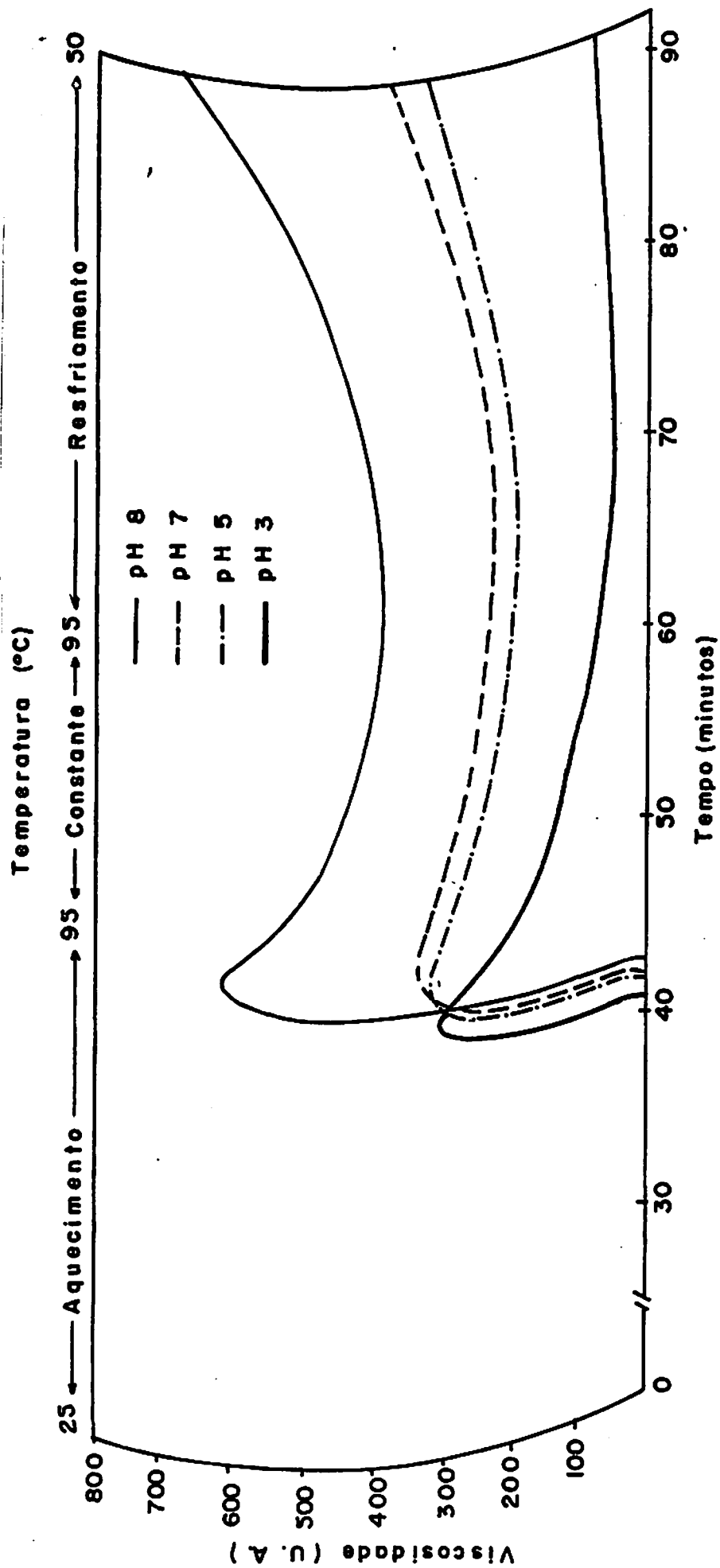


Figura 10. Efeito do pH nas características de viscosidade de amido do caule do abacaxizeiro, no concentração de 10% (p/v, base seca).

TABELA 17 - Características de viscosidade do amido do caule do a
bacaxizeiro em diferentes pHs *

Parâmetros de Viscosidade	pH			
	3	5	7	8
Temperatura inicial de formação de pasta (°C)	86,5	88,0	88,75	89,5
Temperatura de viscosi dade máxima (°C)	88,75	91,0	92,5	92,5
Viscosidade máxima (U.A.)	315	330	345	620
Viscosidade a 95°C (U.A.)	220	315	340	575
Viscosidade após 15 min. a 95°C (U.A.)	75	215	250	400
Viscosidade a 50°C (U.A.)	90	340	395	670

* Suspensão de amido a 10% p/v, base seca

De uma maneira mais geral, observa-se, comparando os dados apresentados na Tabela 17 com os da Tabela 15 na concentração 10% e pH natural (6,35) que o amido do caule do abacaxizeiro é mais sensível a variações de pH para meios muito básicos (pH 8) ou muito ácidos (pH 3). Em pHs intermediário ou neutro, que estão mais próximos do pH natural do amido (pH 6,35) não ocorrem alterações marcantes nas suas características viscosográficas.

4.3.11. Sinerese - Efeito do Congelamento e Descongelamento Sobre o Gel de Amido

Variáveis indesejáveis na textura ocorrem frequentemente, com o congelamento de alimentos cozidos espessados com amidos, por exemplo pudins. Quando descongelados, após algum período de congelamento, tais produtos exibem uma aparência coagulada e liberação de líquido (sinerese), como consequência da retrogradação do amido, ALBRECHT et alii (02). Portanto, a estabilidade de um gel de amido ao congelamento e descongelamento, sem liberação de líquido ou mudança na textura, é uma importante propriedade prática do amido, indicando sua possível utilização na confecção de determinados alimentos, principalmente alimentos congelados.

O efeito do congelamento e de ciclos de congelamento/descongelamento sobre o gel do amido do caule do abacaxizeiro foi testado comparativamente com géis de amidos de milho e mandioca comerciais.

A Figura 11 mostra o efeito do tempo de armazenamento por congelamento a -12°C sobre a percentagem de água exudada do gel de amido do caule do abacaxizeiro a 8% (p/v, base seca), assim como dos géis de amido de milho e mandioca comerciais, nas mesmas condições. A Figura 12 mostra o efeito de ciclos de congelamento/descongelamento sobre a percentagem de água exudada dos mesmos géis. Observa-se que o gel do amido do caule do abacaxizeiro apresentou um comportamento semelhante ao do gel de amido de milho durante o período de armazenamento (Figura 11), embora com valores de teor de água exudada do gel ligeiramente superiores. Os géis de amidos do caule do abacaxizeiro e de milho apresentaram certa estabilidade durante o período de congelamento com pequeno acréscimo no teor de água exudada com o tempo de armazenamento (Figura 11). O gel de amido de mandioca, porém, mostrou pequeno decréscimo no teor de água exudada com o tempo de armazenamento (Figura 11). Os géis obtidos a partir dos três diferentes amidos apresentaram-se mais sensíveis aos ciclos de congelamento/descongelamento (Figura 12), com acréscimo mais pronunciado no teor de água exudada com o tempo. Ao final de oito ciclos de congelamento/descongelamento, os três tipos de géis apresentaram aproximadamente o mesmo teor de água exudada (Figura 12).

Os coeficientes de correlação obtidos para as três retas na Figura 11 foram baixos, devido à grande variação nos teores de água exudada dos géis durante o período de armazenamento dos mesmos. Na Figura 12, os coeficientes de correlação obtidos foram altos, demonstrando melhor a tendência dos géis frente aos ciclos de

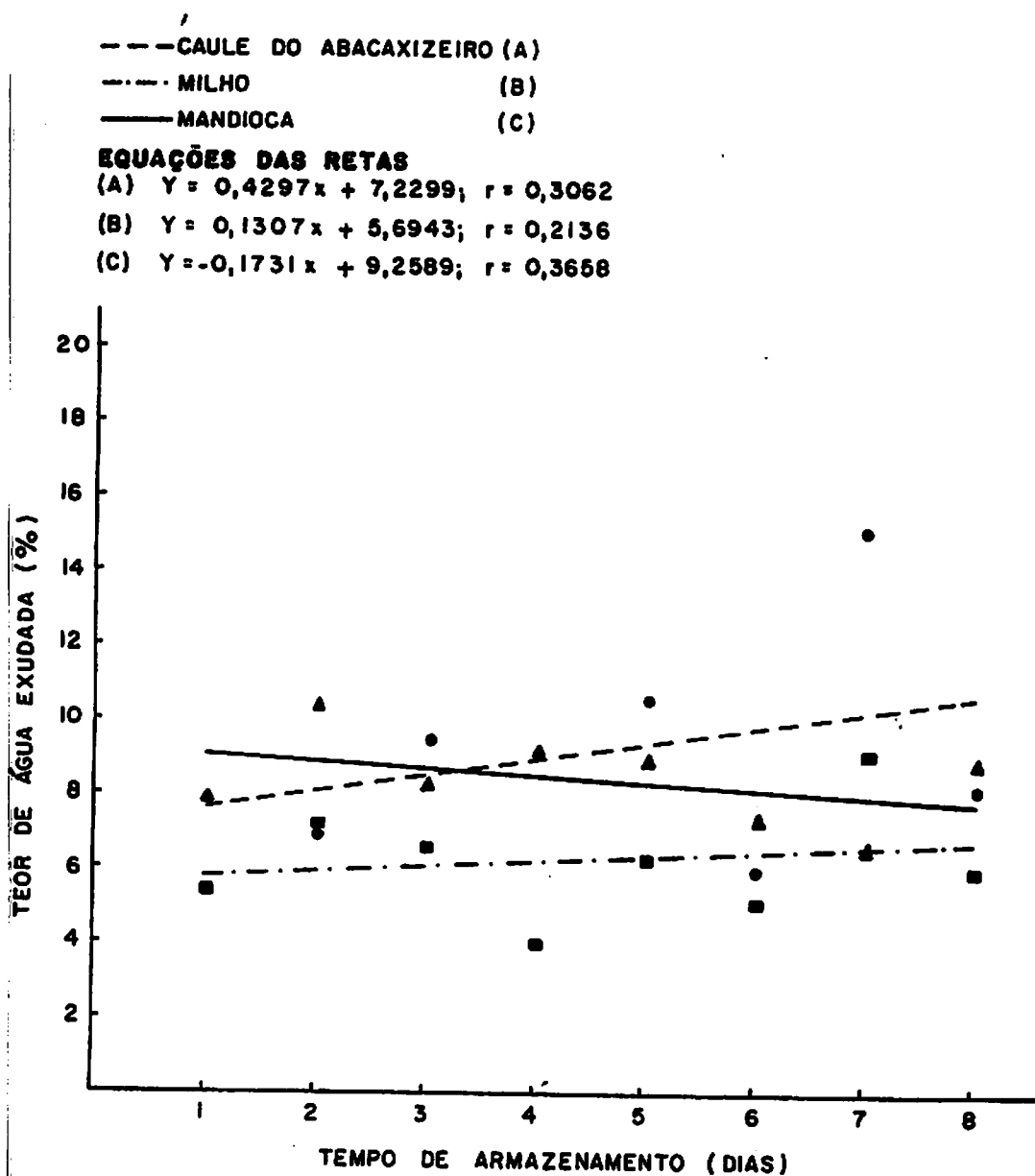


FIGURA II. EFEITO DO CONGELAMENTO NA EXUDAÇÃO DE ÁGUA DE GÉIS DE AMIDOS DO CAULE DO ABACAXIZEIRO, DE MILHO E DE MANDIOCA (8% p/v, b.s.).

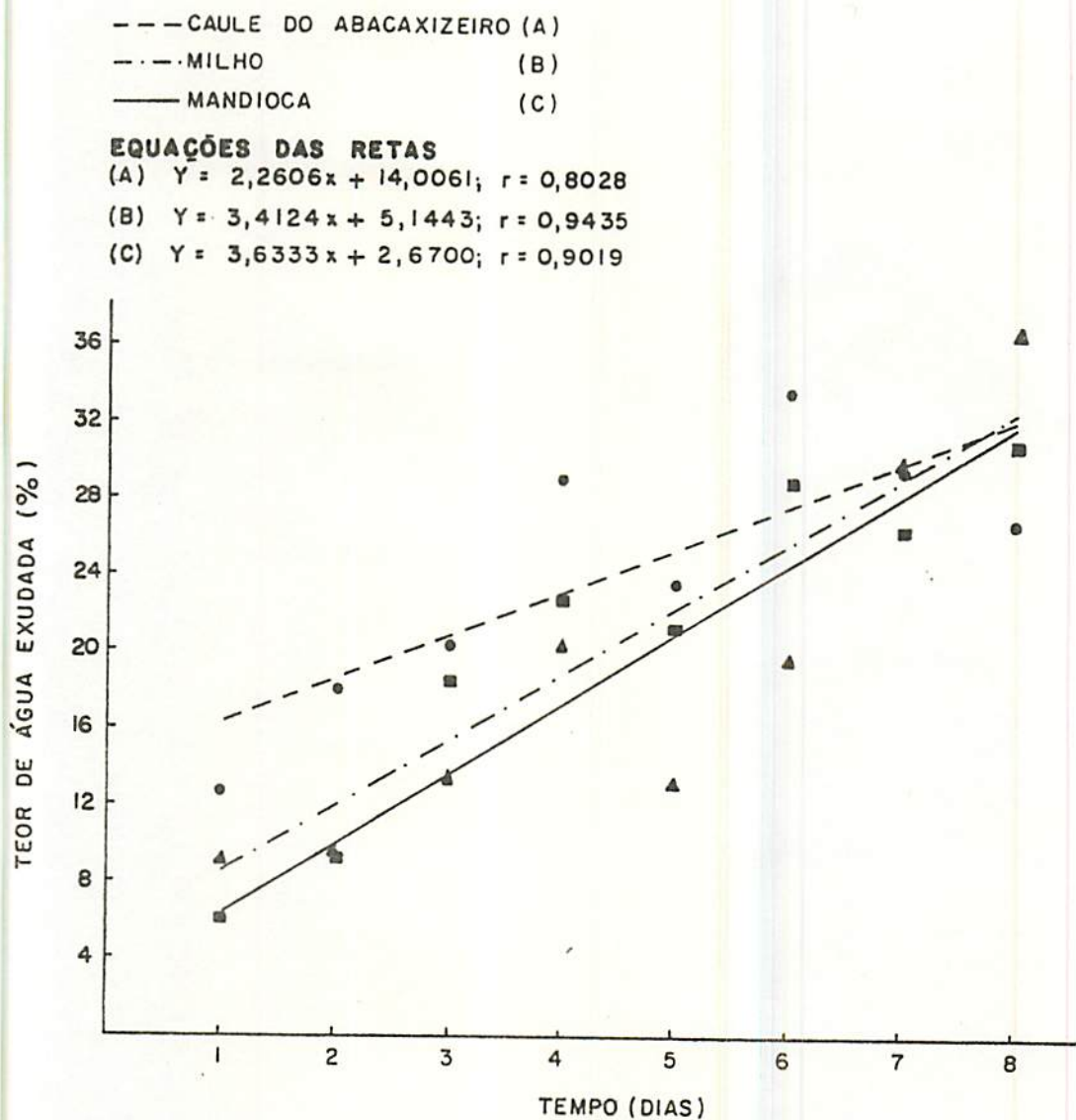


FIGURA 12. EFEITO DE CICLOS DE CONGELAMENTO/DESCONGELAMENTO NA EXUDAÇÃO DE ÁGUA DE GÊIS DE AMIDOS DO CAULE DO ABACAXIZEIRO, DE MILHO E DE MANDIOCA (8% p/v, b. s.).

congelamento/descongelamento, ou seja, aumento no teor de água exudada dos géis com o aumento do número de ciclos de congelamento/descongelamento.

4.3.12. Transparência e Firmeza do Gel

A transparência do gel de amido do caule do abacaxizeiro é ilustrada nas Figuras 13 e 14, comparada com géis de amido de mandioca e milho comerciais. Observa-se que o gel de amido do caule do abacaxizeiro desenvolve maior opacidade com o resfriamento e que à frio, seu gel é tão opaco o do amido de milho.

Durante o processo de aquecimento de uma pasta de amido ocorre exudação de solúveis do interior do grânulo, até seu rompimento e lançamento no meio das frações. Estes componentes, especialmente a amilose, provocam turbidez da suspensão, por causa da formação de microcristais, a qual aumenta com a queda da temperatura, CRUZ & ELDASH (24).

Portanto, o alto teor de amilose do amido do caule do abacaxizeiro explica a alta opacidade de seu gel, principalmente à frio, ao contrário do amido de mandioca, com baixo teor de amilose, formando gel bastante transparente, tanto à frio quanto à quente.

Géis mais concentrados, como a 8% e 10%, tornam-se mais opacos, como pode ser visualizado nas Figuras 15 a 16, para o ami

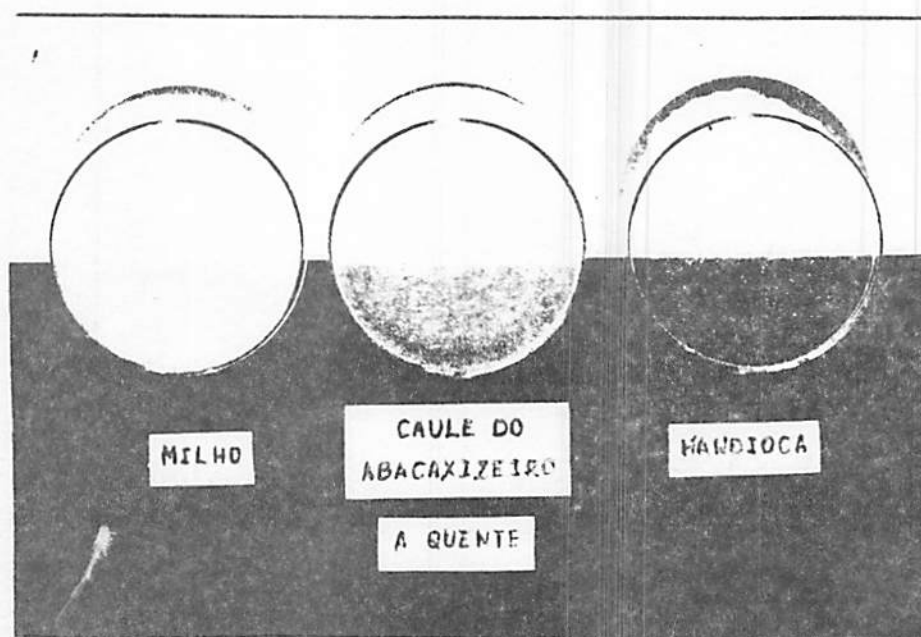


Figura 13 - Transparência do gel de amido do caule do abacaxizeiro comparada com géis de amidos de mandioca e milho (a quente) na concentração de 6% (p/v, b.s.).



Figura 14 - Transparência do gel de amido do caule do abacaxizeiro comparada com géis de amidos de mandioca e milho (a frio) na concentração de 6% (p/v, b.s.).

do caule do abacaxizeiro, uma vez que, aumentando a concentração, aumenta-se a tendência à retrogradação do amido, já constatado neste estudo.

De acordo com Swinkels, 1985, citado por SARMENTO (58), a retrogradação das pastas de amidos pode resultar em espessamento e aumento da viscosidade com o resfriamento e envelhecimento, desenvolvimento de turbidez e opacidade, tendência a formar géis rígidos; formação de "películas" em pastas quentes, formação de agregados insolúveis que podem precipitar e sinerese de água da pasta.

O amido do caule do abacaxizeiro mostrou aumento na viscosidade e desenvolvimento de opacidade com o resfriamento e alguma exudação de água do gel congelado e descongelado, demonstrando a tendência deste amido à retrogradação, que é atribuída ao seu alto teor de amilose.

As Figuras 17 e 18 vêm confirmar a tendência retrogradativa do amido do caule do abacaxizeiro, ilustrando a firmeza de seu gel, comparada a géis de amidos de mandioca e milho comerciais (Figura 17) e como uma função de concentração de amido do gel (Figura 18). Observa-se que o amido do caule do abacaxizeiro resultou em um gel muito opaco e firme, bastante parecido com o de amido de milho na mesma concentração. Porém, o gel obtido a partir de uma suspensão 6% (p/v, base seca) não manteve a forma do copo. Como verificado anteriormente (item 4.3.10), nesta concentração, o ami

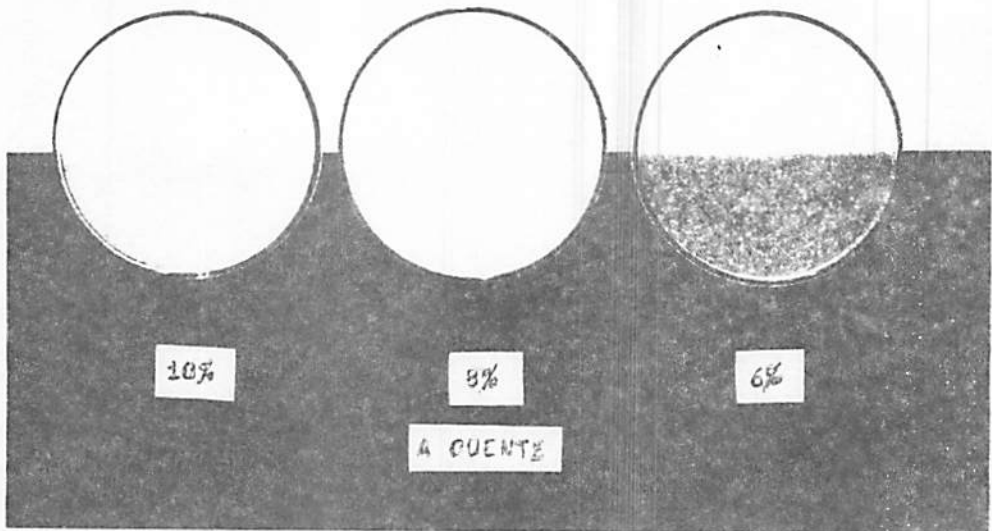


Figura 15 - Transparência de géis de amido do caule do abacaxizeiro em diferentes concentrações (`a quente).

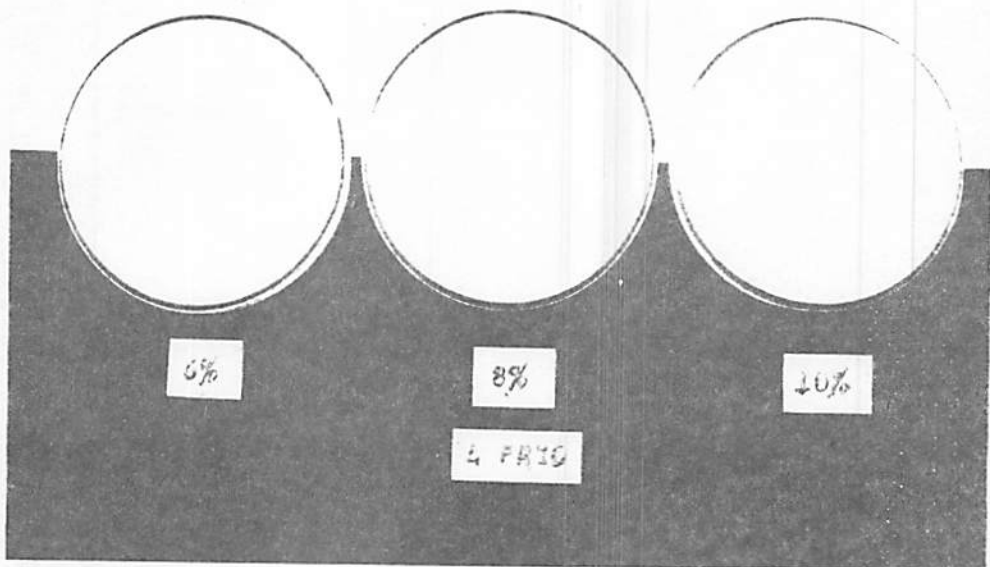


Figura 16 - Transparência de géis de amido do caule do abacaxizeiro em diferentes concentrações (`a frio).



Figura 17 - Firmeza do gel de amido do caule do abacaxizeiro comparado com geis de amidos de mandioca e milho na concentração de 8% (p/v, base seca).

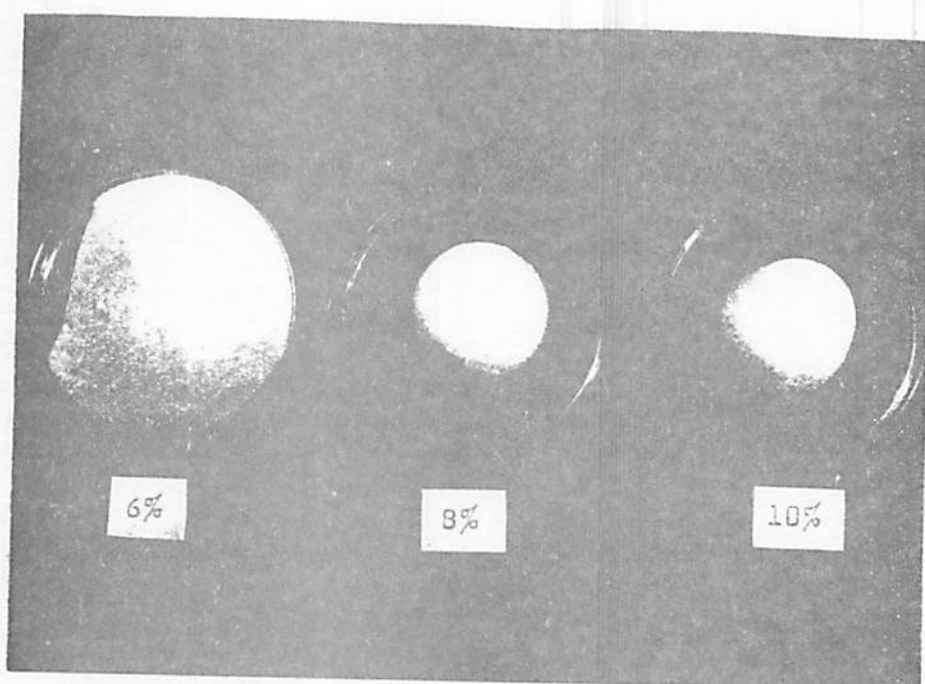


Figura 18 - Firmeza de géis de amido do caule do abacaxizeiro em diferentes concentrações (base seca).

do caule do abacaxizeiro não incha suficientemente para dar uma pasta viscosa ou formar gel e mostra menor tendência retrogradativa.

Em vista disso, o amido do caule do abacaxizeiro poderia ser utilizado em alimentos, nos quais se emprega o amido de milho para dar consistência ao produto, como por exemplo em pudins, embora seja necessário maior concentração do primeiro para se conseguir o mesmo resultado desejado.

4.4. FERMENTAÇÃO DO AMIDO

A idéia de se fermentar o amido do caule do abacaxizeiro surgiu em função de especulação por parte de produtores sobre a possibilidade de utilização deste produto em substituição ao polvilho azedo.

As variáveis registradas durante o período de fermentação foram umidade relativa do ar e temperatura ambiente e avaliado o pH do amido em processo de fermentação. A umidade relativa do ar variou de 63,7% a 78,9% e a temperatura ambiente variou de 19,1°C a 25,3°C, como registrado pelo termohigrógrafo, mantido no local da fermentação durante todo processo.

O pH inicial do amido foi corrigido com soluções diluídas de HCl e NaOH para 5,4 (próximo do pH do amido de mandioca não fermentado) e caiu, até o final do período de fermentação, para 4,2.

Esta variação no pH ocorreu gradualmente durante um período de 26 dias, mantendo-se este valor final constante por mais 20 dias.

A correção do pH inicial do amido do caule do abacaxizeiro para próximo do pH do amido de mandioca foi com o intuito de acompanhar melhor o processo de fermentação dos amidos que foram fermentados paralelamente sob as mesmas condições, sendo que o amido de mandioca pertencia a um outro experimento.

4.4.1. Características do Amido Fermentado

Na tabela 18 são apresentados os resultados obtidos de algumas análises químicas e de caracterização do amido do caule do abacaxizeiro fermentado.

Os teores de umidade e cinzas encontrados estão próximos aos valores encontrados por CEREDA (17) para polvilho azedo comercial (14% e 0,31%, respectivamente); o teor de proteína, no entanto, encontra-se ligeiramente inferior ao obtido pelo mesmo autor, para polvilho azedo (1,20%).

O pH do amido fermentado (4,2), ponto final do processo de fermentação, foi superior ao apresentado para o polvilho azedo comercial (3,87), obtido por CEREDA (17). Possivelmente deve ter ocorrido uma menor produção de ácidos durante o processo fermentativo do amido do caule do abacaxizeiro, com conseqüente menor queda no valor do pH.

TABELA 18 - Resultados de análises química e de caracterização do
'amido do caule do abacaxizeiro fermentado

Análises	Resultados
Umidade	13,29%
Proteína *	0,96%
Cinzas *	0,27%
pH	4,20
Densidade absoluta	1,5022 g/ml
Viscosidade intrínseca **	1,1499 ml/g
Temperatura de gelatinização ***	78,7° - 88,0° - 91,3°C

* base seca

** calculada de maneira semelhante à obtida para o amido não fermentado (item 4.3.7.), como a média dos valores extrapolados para a abcissa zero nas três relações

*** Temperaturas de perda de birrefringência de 3-5%, 45-50% e 95-100% dos grânulos de amido.

Se comparados os resultados obtidos para a densidade absoluta de amidos do caule do abacaxizeiro não fermentado (1,5087 g/ml) e fermentado (1,5022 g/ml), observa-se que o processo de fermentação não provoca mudança significativa na densidade do produto. A viscosidade intrínseca do amido, por sua vez, foi menor para o produto fermentado (1,1499 ml/g, comparada a 1,4798 ml/g para o amido não fermentado). Possivelmente, com a fermentação ocorre uma diminuição nas dimensões das moléculas no amido, provocada por hidrólise pela ação de enzimas e ácidos produzidos.

A perda de birrefringência dos grânulos de amido fermentado se deu em uma faixa de temperatura próxima à apresentada pelo amido não fermentado ($79,0^{\circ}$ - $86,0^{\circ}$ - $90,3^{\circ}\text{C}$). Portanto, o processo fermentativo não interfere com a resistência dos grânulos de amido à gelatinização e com a organização granular.

A Figura 19 mostra a susceptibilidade enzimática do amido do caule do abacaxizeiro fermentado. Comparada à curva apresentada na Figura 3, observa-se que a fermentação torna o amido mais susceptível à hidrólise pela α -amilase. Porém, a susceptibilidade enzimática continua baixa, com uma produção de aproximadamente 5,0% de maltose, após 216 horas de incubação. Portanto, os grânulos do amido do caule do abacaxizeiro fermentado continuam resistentes à hidrólise por ação de enzimas, embora em uma menor proporção do que os do amido não fermentado.

De acordo com Cereda (1983), citado por CEREDA (19), duran

[REDACTED]

The first part of the document discusses the general principles of the project. It outlines the objectives and the scope of the work. The second part describes the methodology used in the study. This includes the data collection methods and the analysis techniques. The third part presents the results of the study. These results are compared with previous research and discussed in the context of the field. The final part of the document provides conclusions and recommendations for future research.

The methodology employed in this study was designed to ensure the reliability and validity of the findings. Data was collected through a series of interviews and surveys. The analysis was conducted using a combination of qualitative and quantitative methods. The results show that there are significant differences between the groups being compared. These differences are attributed to the variables being studied. The conclusions drawn from the study suggest that there is a need for further research in this area. The recommendations provided are based on the findings and aim to guide future studies.

The study has several limitations that should be noted. The sample size was relatively small, which may affect the generalizability of the results. The study was conducted over a short period of time, which may not capture long-term effects. There were also some challenges in data collection and analysis. Despite these limitations, the study provides valuable insights into the topic being investigated. The findings are consistent with previous research and contribute to the understanding of the phenomenon.

Author's name and affiliation

Year of publication

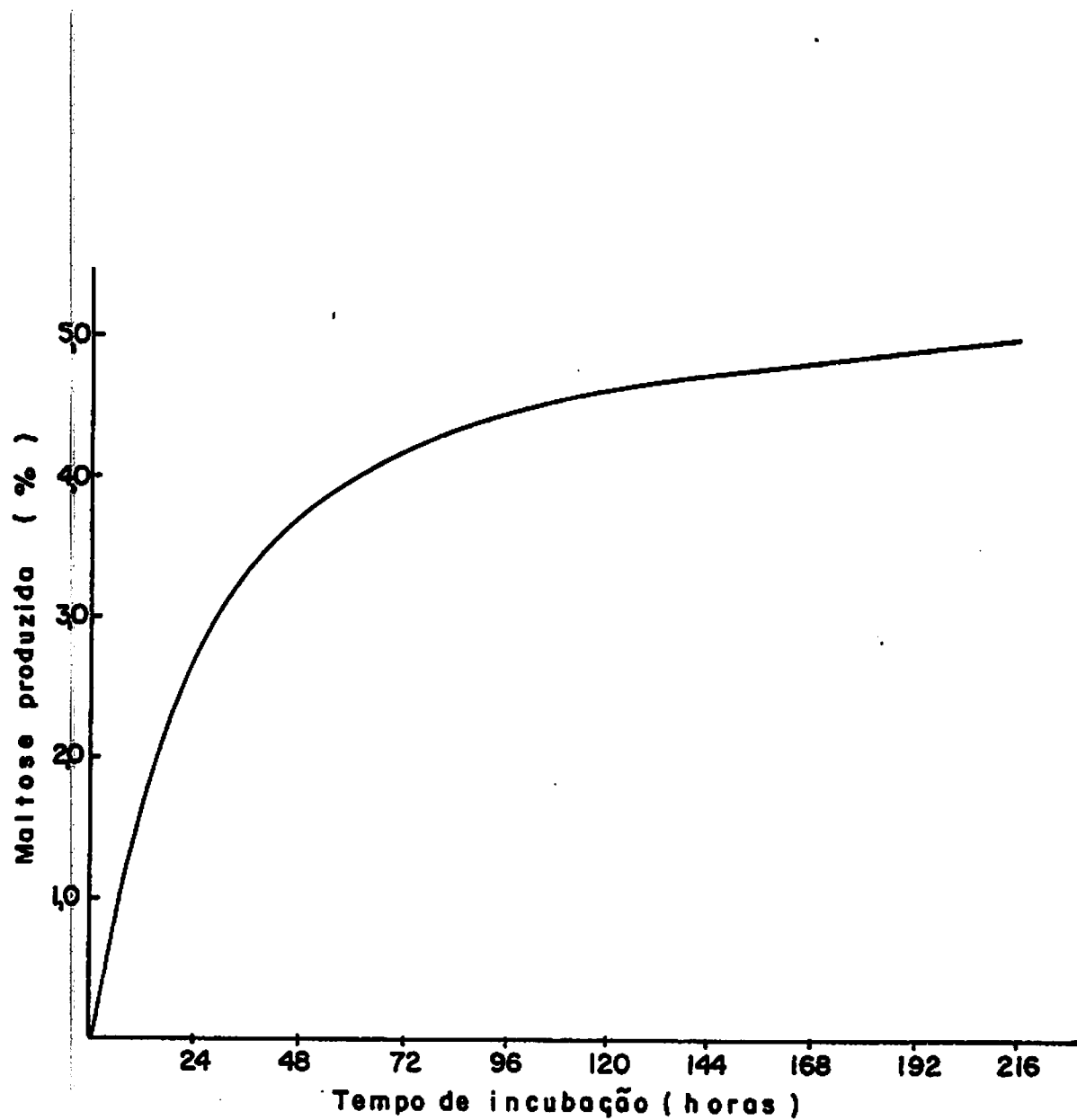


Figura 19. Susceptibilidade enzimática do amido do caule do abocaxizeiro fermentado.

te a fermentação do amido de mandioca ocorrem modificações de ordem a alterar sua reologia, de modo que a curva viscografica passa a apresentar picos menos elevados e temperatura de gomificação inferior à do amido normal.

Na Figura 20 são apresentados os amilogramas obtidos para o amido do caule do abacaxizeiro fermentado em diferentes concentrações, visando observar tais modificações. Na Tabela 19 são mostrados os parâmetros de interpretação dos amilogramas. Pode-se observar, comparando com os dados na Tabela 15 e as curvas de viscosidade na Figura 9, que a temperatura inicial de formação de pasta não modificou com a fermentação e, como o amido normal, também não variou com a concentração. Como era esperado, o amido fermentado apresentou, em cada concentração, menor viscosidade máxima, com picos de pasta menos acentuados do que o amido não fermentado, demonstrando que o produto da fermentação incha pouco e é mais resistente à quebra durante cozimento. Observa-se ainda que o amido fermentado apresentou menor tendência à retrogradação.

Além destas características, o amido do caule do abacaxizeiro fermentado apresentou um odor agradável, bastante parecido com o do polvilho azedo, embora nas outras características não tenham havido grandes semelhanças entre os dois produtos.

4.4.2. Teste de Panificação

Visando avaliar a qualidade do amido do caule do abacaxi-

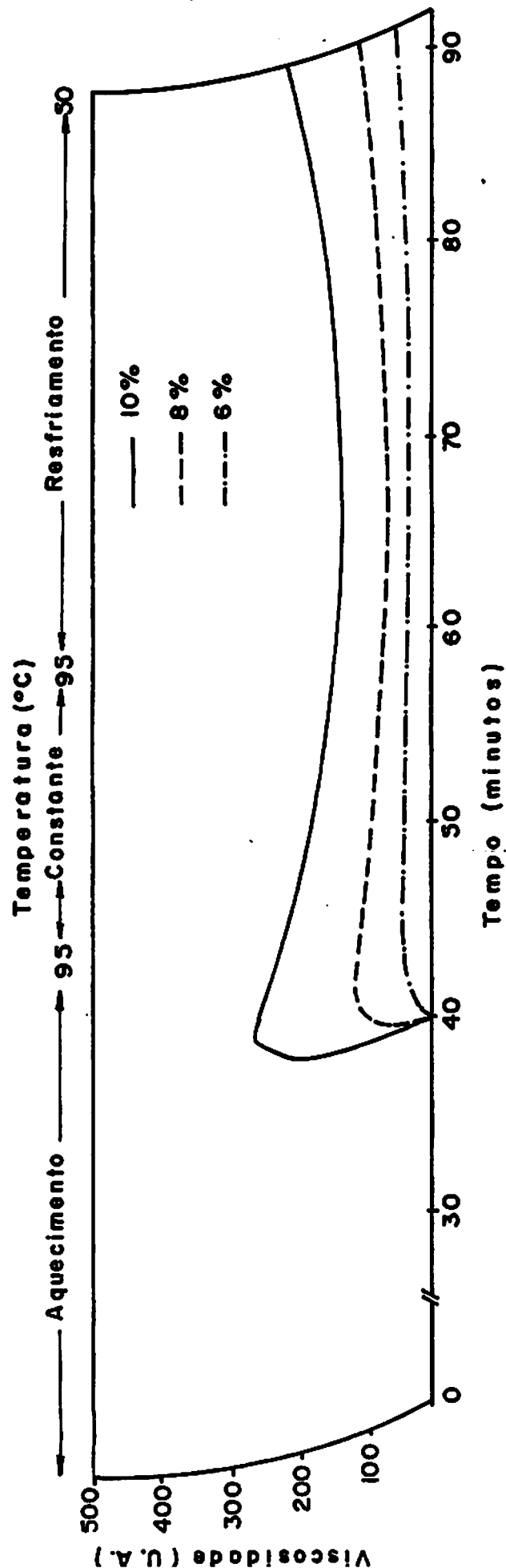


Figura 20. Efeito da concentração nas características de viscosidade do amido do caule do abacaxizeiro fermentado.

TABELA 19 - Características de viscosidade do amido do caule do abacaxizeiro fermentado em diferentes concentrações.

Parâmetros de Viscosidade	Concentração (% p/v) *		
	6	8	10
Temperatura inicial de formação de pasta (°C)	85,0	85,00	85,0
Temperatura de viscosidade máxima (°C)	95,5	91,0	88,6
Viscosidade máxima (U.A.)	45	115	270
Viscosidade a 95°C (U.A.)	45	112	230
Viscosidade após 15 min. a 95°C (U.A.)	40	80	140
Viscosidade a 50°C (U.A.)	50	110	220

* base seca

zeiro fermentado e compará-lo ao polvilho azedo comercial, foram confeccionados biscoitos com os dois produtos e determinados o poder de expansão de ambos. A Figura 21 mostra os biscoitos obtidos com os dois tipos de amidos fermentados, donde conclui-se que o amido do caule do abacaxizeiro fermentado não se compara em qualidade para a produção de biscoitos com polvilho azedo comercial.

O amido do caule do abacaxizeiro fermentado apresenta uma alta temperatura de gelatinização, dificultando a formação da massa durante o processamento do biscoito. Foi necessário aumentar a temperatura de escaldamento, por modificação do processo, para que se pudesse obter uma massa "plástica" que permitisse a moldagem dos biscoitos. Observou-se ainda, durante o processamento dos biscoitos que, para se obter massas, a partir dos dois produtos testados, com a mesma consistência, foi necessário acrescentar um maior volume de água ao polvilho azedo. Este produto apresenta uma alta absorção de água, a qual, durante o cozimento do biscoito, vai contribuir para a sua expansão, pela produção de vapor dentro dos grânulos. Ao contrário, o amido do caule do abacaxizeiro fermentado absorve menos água e seus grânulos não conseguem retê-la, a qual se perde sem ter havido expansão dos grânulos e, consequentemente do biscoito assado.

Os dados obtidos para determinação do poder de expansão e densidade dos biscoitos obtidos pelos dois produtos são comparados na Tabela 20. O baixo poder de expansão do biscoito obtido com amido do caule do abacaxizeiro fermentado, comparado ao do

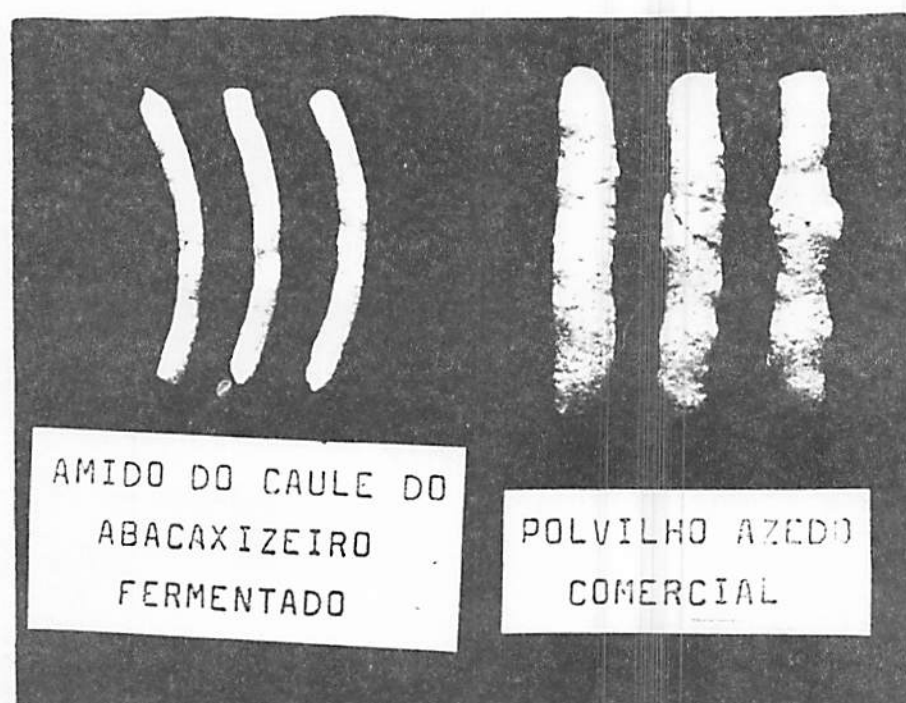


Figura 21 - Expansão de biscoitos confeccionados a partir de amidos fermentados.

polvilho azedo comercial, confirma o ilustrado na Figura 21; seu biscoito praticamente não expande e sua densidade diminui muito pouco com o cozimento, enquanto o biscoito de polvilho azedo aumenta em aproximadamente 4 vezes o seu tamanho original, com uma densidade 8 vezes menor do que a do biscoito crú.

Os resultados de poder de expansão e densidade dos biscoitos, alcançados pelos dois métodos de determinação do volume do biscoito assado, foram semelhantes, indicando a eficiência dos métodos. Para os biscoitos de polvilho azedo, a determinação de volume pelo segundo método mostrou ligeiro decréscimo em relação ao primeiro. Cumpre ressaltar que foi considerada a expansão somente na largura (diâmetro) e não no comprimento do biscoito assado.

Do que foi obtido e exposto aqui, pode-se concluir que, a menos que este amido passe por algum tipo de modificação (além da fermentação), como por exemplo, diminuição da sua temperatura de gelatinização, ele não pode ser usado como substituto do polvilho azedo na fabricação de biscoitos, não apresentando qualidade para tanto.

TABELA 20 - Determinação do poder de expansão e densidade dos biscoitos obtidos a partir do amido do caule do abacaxizeiro fermentado e de polvilho azedo comercial.

Determinações	Amido do caule do abacaxizeiro fermentado	Polvilho azedo comercial "Caribé "
Peso médio por biscoito crú	4,35g	4,82g
Peso médio por biscoito assado	2,66g	2,89g
Diâmetro médio do biscoito crú ^a	0,70cm	0,70cm
Comprimento médio por biscoito crú ^b	8,00cm	8,00cm
Volume médio por biscoito crú ($V = \frac{\pi D^2 h}{4}$)	3,08cm ³	3,08cm ³
Volume médio por biscoito assado ^c	3,40cm ³	15,35cm ³
Poder de expansão ^d	1,10	4,98
Densidade média por biscoito crú ($d = m/V$)	1,41g/cm ³	1,56g/cm ³
Densidade média por biscoito assado ($d = m/V$) ^d	0,78g/cm ³	0,19g/cm ³
Diâmetro médio do biscoito assado ^e	0,736cm	1,449cm
Volume do biscoito assado ($V = \frac{\pi D^2 h}{4}$)	3,40cm ³	13,19cm ³
Poder de expansão ^f	1,10	4,28
Densidade do biscoito assado ($d = m/V$) ^f	0,78g/cm ³	0,22g/cm ³

a - considerado igual ao diâmetro final do funil de confeitar usado para moldar os biscoitos

b - medido com régua milimetrada

c - obtido por deslocamento de painço, medido em proveta

d - determinado através do volume do biscoito assado obtido com painço

e - obtido pela média de 5 determinações em cada biscoito e tomado como a média de todos os biscoitos, utilizando paquímetro

f - determinado através do volume do biscoito assado obtido com o diâmetro medido com paquímetro

5. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos no presente trabalho pode-se tirar as seguintes conclusões.

O amido do caule do abacaxizeiro pode ser isolado com alto rendimento, sendo viável sua extração dos caules, por tratar-se de matéria-prima não utilizada para outros fins.

A melhor época de colheita dos caules para obtenção de maiores teores de amido, proporcionando também maior rendimento na extração do produto foi aos 120 dias pós-colheita dos frutos.

O processo de extração e purificação empregado foi eficiente, rendendo um produto muito pouco danificado e com bom grau de pureza, sendo a solução de bissulfito de sódio equivalente a 0,2% de SO_2 indicada como melhor meio extrator do amido.

Os grânulos deste amido são relativamente pequenos e apresentam baixa susceptibilidade à hidrólise por enzimas. Tratam-se de grânulos resistentes e fortemente associados.

O amido extraído apresentou características tais como: alto teor de amilose, baixo poder de inchamento e índice de solubilidade, alta faixa de temperatura de gelatinização e baixa viscosidade da pasta quente, com tendência a formar géis firmes e opacos com o resfriamento das pastas.

O amido do caule do abacaxizeiro pode ser fermentado naturalmente, e, embora o produto apresente odor agradável, não apresenta características que justifiquem sua fermentação. O processo fermentativo não modifica satisfatoriamente a composição química do amido, nem sua temperatura de gelatinização; apenas abaixa ligeiramente o pico de viscosidade máxima da pasta quente e sua viscosidade intrínseca e aumenta (pouco) a susceptibilidade enzimática dos grânulos.

O amido do caule do abacaxizeiro, em função de seu alto teor de amilose, produz géis firmes (à frio), sendo pois, indicado para uso em alimentos em que se deseja tal característica, a saber, gomas de mascar, geléias, pudins, enchimento de tortas e outros, atuando como elemento encorpador. Ele pode ainda ser usado como agente de cobertura, uma vez que amidos com altos teores de amilose formam filmes firmes e flexíveis.

As forças de reassociação responsáveis pela formação de forte filme são também responsáveis pela alta energia requerida para gelatinização e dispersão dos grânulos de amido com alto teor de amilose. Porém, por modificação deste amido é possível abai

nar sua temperatura de gelatinização. Amidos ricos em amilose apresentam facilidade de derivatização por causa da disponibilidade de moléculas lineares. Portanto, o amido do caule do abacaxizeiro poderia ser modificado de forma a melhorar suas características e ampliar suas aplicações.

Pode-se também utilizar o amido do caule do abacaxizeiro em produtos em que se deseja uma textura firme, como por exemplo misturado à farinha de trigo na produção de espaguete, melhorando a firmeza e qualidade do produto cozido.

Não é aconselhável a utilização deste amido em alimentos como molhos, sopas e vegetais enlatados, onde os ácidos graxos do alimento complexam com amilose, dando origem a grumos e tornando o produto de mau aspecto a qualidade inferior.

6. RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo isolar e caracterizar o amido do caule do abacaxizeiro, com o intuito de definir sua possível aplicação tecnológica e visando o aproveitamento deste resíduo agrícola. Foram utilizados caules do abacaxizeiro da cultivar Cayenne, colhidos em quatro épocas diferentes (90, 120, 150 e 180 dias após a retirada dos frutos), sendo testados quatro meios diferentes para extração e purificação do amido, ou seja, água destilada, solução de bissulfito de sódio equivalente a 0,2% de SO_2 , solução de hidróxido de sódio a 0,2% e uma mistura água/tolueno a 10% v/v. Observou-se ser o bissulfito de sódio o meio que apresentou maior eficiência na extração, com rendimento médio em amido de 44,34%, calculado com base no teor de amido do caule (base seca). Observou-se ainda que o caule colhido com 120 dias após a retirada do fruto foi o que apresentou maior teor de amido (55,72%, base seca), proporcionando também maior rendimento em amido, quando comparado com os caules colhidos nas outras épocas, submetidos ao mesmo meio de extração.

O amido isolado, além de ter sido analisado quimicamente para determinação de seu grau de pureza, foi caracterizado por me

o de testes, tais como: amido danificado, tamanho e forma dos grânulos, teor de amilose, susceptibilidade enzimática, densidade absoluta, viscosidade intrínseca, poder de inchamento e índice de solubilidade, temperatura de gelatinização, propriedades viscográficas, sinerese, transparência e firmeza do gel.

Verificou-se ser este amido rico em amilose (40%), demonstrando a presença de fortes ligações em seus grânulos pela associação de moléculas lineares. Isto foi comprovado pelo seu baixo poder de inchamento e solubilidade e alta temperatura de gelatinização (79,0°C - 90,3°C). O tamanho dos grânulos variou de 5,0 a 16,5 μ e suas curvas de viscosidade não apresentaram alto pico de pasta, mesmo em concentrações mais altas (10%, base-seca). As demais características apresentaram-se dentro dos limites conhecidos para outros amidos. O gel obtido com o amido em estudo apresentou-se opaco e firme, mais parecido com o do amido de milho.

O amido isolado foi também submetido a processo de fermentação e depois, a teste de panificação, visando compará-lo com o polvilho azedo comercial. Verificou-se que o produto obtido com o amido do caule do abacaxizeiro fermentado não expandiu como o do polvilho azedo, não podendo, pois, ser usado como substituto deste.

7. SUMMARY

ISOLATION AND CHARACTERIZATION OF THE STARCH OF PINEAPPLE STEM

The objective of this work was to isolate and characterize the starch of the pineapple stem and to define its possible technological application with the aim to utilize this agriculture residue. Stems of the pineapple variety Cayenne were used, which were harvested during four different periods (90, 120, 150 and 180 days after removing the fruits). Four different solvents were used to extract and purify the starch which were: distilled water, sodium bisulfide equivalent to 0.2% SO_2 , solution of sodium hydroxide and a mixture of water/toluene 10% v/v. The sodium bisulfide was more efficient solvent with the average yield of 44.34% of starch, calculated by the starch content of the stem (dry basic). It was observed, as well, that the stem harvested after 120 days together with the fruits presented the best starch content (55.72% dry basic) and also yielded proportionately more starch, when compared with that from the stems harvested during other periods.

The extracted starch was chemically analysed to determine its purity and was characterized by the following criteria/pro-

properties: damaged starches, granule size and shape, amylose content, enzyme susceptibility, true density, intrinsic viscosity, swelling power and solubility, gelatinization temperature, viscosigraph properties, syneresis, gel transparency and firmness.

The pineapple stem starch had high amylose content (40%), resembling starches with strong bonds in the granule by the association of the linear molecules. This was confirmed by the low swelling power and solubility, and the high temperature of gelatinization ($79,0^{\circ}\text{C} - 90,3^{\circ}\text{C}$). The size of the granules changed from 5,0 to $16,5\mu$ and it does not present high peak viscosity, even at high concentrations (10%, dry basic). The other characteristics were within the limits of other starches. The gel obtained was opaque and firm, like the corn starch.

The isolated starch was also submitted to a fermentation process, there after to a bread-making test to compare it with the commercial sour starch. It was verified that fermented starch from the pineapple stem does not expand like the some product from cassava. Then, the former can not be used as a substitute for the latter.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AKINGBALA, J.O. & ROONEY, L.W. Paste properties of sorghum flour and starches. Journal of Food Processing and Preservation, Westport, 11(1):13-24, 1987.
2. ALBRECHT, J.J.; NELSON, A.I. & STEINBERG, M.P. Characteristics of corn starch and starch derivatives as affected by freezing, storage and thawing. I. Simple systems. Food Technology, Chicago, 14(1):57-63, Jan. 1960.
3. AMANTE, E.R. Caracterização de amidos de variedades de mandioca (Manihot esculenta, Crantz) e de batata-doce (Ipomoea batatas). Viçosa. UFV, 1986. 109p. (Tese MS).
4. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Approved methods of the American Association of Cereal Chemists. St. Paul, 1976. 2v.
5. ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL - 1986. Rio de Janeiro, FIBGE, V.47, 1987.

6. ARBUCKLE, A.W. & GREENWOOD, C.T. Physicochemical studies on starches. Part XIII. The fractionation of oat and wheat starches. Journal of the Chemical Society, London, :2626-9, 1958.
7. ASCHERI, J.L.R. Extração e caracterização de amido de adlay (Coix lacryma Jobi L.). Campinas. UNICAMP, 1987. 119p. (Tese MS).
8. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 11.ed. Washington, 1970. 1015p.
9. BADENHUIZEN, N.P. General method for starch isolation. In: WHISTLER, R.L. & WOLFROM, M.L., eds. Methods in carbohydrate chemistry. New York, Academic Press, 1964. v.4, p.14-5.
10. BANKS, W. & MUIR, D.D. Structure and chemistry of the starch granule. In: STUMPF, P.K. & CONN, E.E., ed. The Biochemistry of Plants. New York, Academic Press, 1980. v.3, p.321-69.
11. CAMARGO, C.; COLONNA, P.; BULEON, A. & RICHARD-MOLARD, D. Functional properties of sour cassava (Maninhot utilissima) starch: Polvilho azedo. Journal of the Science of Food and Agriculture, England, 45(3):273-89, 1988.

12. CARVALHO, V.D. Utilização dos resíduos agrícolas do abacaxizeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(130):73-6, out. 1985.
13. _____; CHALFOUN, S.M.; JUSTE, Jr., E.S.G. & MAIA, A. Influência do estágio de desenvolvimento da planta na composição em carboidratos dos caules e folhas do abacaxizeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 24(2):247-52, fev. 1989.
14. _____ & CLEMENTE, P.R. Qualidade, colheita, industrialização e consumo de abacaxi. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 7(74):37-42, fev. 1981.
15. _____; _____, P.R.; CHITARRA, M.I.F. & CARVALHO, J.G. Estudo dos componentes químicos de frutos e parte vegetativa do abacaxizeiro (*Ananas comosus* L.) visando aproveitamento industrial. Revista Brasileira de Fruticultura, Recife, 3(único): 11-4, 1981.
16. _____; CUNHA, G.A.P.; PAULA, M.B. & CHITARRA, M.I.F. Teores de carboidratos no caule de algumas cultivares de abacaxi. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 20(2): 197-200, fev. 1985.
17. CEREDA, M.P. Alguns aspectos sobre a fermentação da fécula de mandioca. Botucatu. Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, 1973. 89p. (Tese MS).
22. COSTA, L. Efeito da época de colheita do abaxizeiro (*Ananas comosus* L. cv. "Smooth Cayenne") nos teores de carboidratos e atividades das bromelinas do caule. Lavras. ESAL, 1987. 63p. (Tese MS).
23. COUTO, F.A.A. Aspectos tecnológicos da abacaxicultura mineira. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(130):8-12, out. 1985.
24. CRUZ, P. S. FIDASH, A. L. S. Estudo de

25. DEXTER, J.E. & MATSUO, R.R. Effect of starch on pasta dough rheology and spaghetti cooking quality. Cereal Chemistry, St. Paul. 56(3):190-5, 1979.
26. ESTANISLAU, M.L.L. Aspectos econômicos da abacaxicultura. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(130):3-8, out. 1985.
27. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS, Production Yearbook - 1987. Roma, 1988. v.42.
28. FERREIRA, M.E. Efeito do armazenamento na composição, cocção e características do amido das raízes de algumas cultivares de mandioca (Manihot esculenta Crantz). Lavras. ESAL, 1986. 101p. (Tese MS).
29. FRENCH, D. Chemistry and biochemistry of starch. In: WHEAN, W.J., ed. Biochemistry of carbohydrates. London, Butter Worths, 1975. p.267-335.
30. GILBERT, G.A. & SPRAGG, S.P. Iodimetric determination of amylose. Iodine sorption: "Blue Value". In: WHISTLER, R.L. & WOLFROM, M.L., eds. Methods in carbohydrate chemistry. New York, Academic Press, 1964. v.4, p.168-9.

31. GREENWOOD, C.T. & ROBERTSON, J.S.M. Physicochemical studies on starches. Part I. The characterization of the starch present in the seeds of the rubber tree, *Hevea brasiliensis*. Journal of the Chemical Society, London: 3769-78, Sept./Dec. 1954.
32. HOOD, L.F. Current concepts of starch structure. In: LINEBACK, D.R. & GINGLETT, G.E., ed. Food carbohydrates. Westport, AVI, 1982. p.217-36.
33. KAHN, V. Characterization of starch isolated from avocado seeds. Journal of Food Science, Chicago, 52(6):1646-8, 1987.
34. KAMER, J.H. Van de & GINKEL, L.Van. Rapid determination of crude fiber in cereals. Cereal Chemistry, St. Paul, 29(4):239-51, July 1952.
35. KIBUUKA, G.K.; COELHO, D.T.; TELES, F.F.F.; MAZZARI, M.R. & FERREIRA, F.A. Isolamento, caracterização físico-química e perspectivas tecnológicas do amido de cará-de-rama (*Dioscorea bulbifera* L. opsofiton). Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, 17(3):255-65, jul./set. 1983.
36. LEACH, H.W. Determination of intrinsic viscosity of starches. Cereal Chemistry, St. Paul, 40(6):593-600, Nov. 1963.

37. LEACH, H.W. Gelatinization of starch. In: WHISTLER, R.L. & PASCHALL, E.F., eds. Starch: chemistry and technology. New York, Academic Press, 1965. v.1, p.289-307.
38. _____; 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.
39. LINEBACK, D.R. & KE, C.H. Starches and low-molecular-weight carbohydrates from chick pea and horse bean flours. Cereal Chemistry, St. Paul, 52:334-47, May/June 1975.
40. LORENZ, K. *Amaranthus hypochondriacus*. Characteristics of the starch and baking potential of the flour. Starch/Starke, Weinheim, 33(5):149-53, 1981.
41. MACMASTERS, M.M. Microscopic techniques for determining starch granule properties. In: WHISTLER, R.L. & WOLFROM, M.L., eds. Methods in carbohydrate chemistry. New York, Academic Press, 1964. v.4, p.233-40.
42. McDONALD, A.M.L. & STARK, J.R. A critical examination of procedures for the isolation of barley starch. Journal of the Institute of Brewing, London, 94(3):125-32, May/June 1988.
43. MANNERS, D.J. Some aspects of the structure of starch. Cereal Foods World, St. Paul, 30(7):461-7, July 1985.

44. MANNERS, D.J. The biological synthesis of starch. In: RADLEY, J.A.; ed. Starch and its derivatives. 4.ed. London, Chapman and Hall, 1968. p.66-90.
45. MARZOLA, D.L. & BARTHOLOMEW, D.P. Photosynthetic pathway and biomass energy production. Science, Washington, 205(10): 555-9, Aug. 1979.
46. 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.
47. MONTGOMERY, E.M. & SENTI, F.R. Separation of amylose from amylopectin of starch by an extraction-sedimentation procedure. Journal of Polymer Science, New York, 28(1): 1-9, 1958.
48. MOURA, P.A.M. Aspectos econômicos da cultura do abacaxizeiro. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 7(74):3-6, fev. 1981.
49. NAIVIKUL, O. & D'APPOLONIA, B.L. Carbohydrates of legume flours compared with wheat flour. II. Starch. Cereal Chemistry, St. Paul, 56(1):24-8, Jan./Feb. 1979.
50. NELSON, N.A. A photometric adaptation of Somogy-method for the determination of glucose. Journal of Biological Chemists, Baltimore, 153(2):375-80, Feb. 1944.

51. OLIVEIRA, M.A. & COUTO, F.A.A. Uso dos restos culturais do abacaxizeiro na alimentação bovina. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 11(130):76-8, out. 1985.
52. OMAR, S.; IDRUS, A.Z. & RAZAK, O.A. Extraction and activity of bromelain from pineapple. Mardi Research Bulletin, Malásia, 6(2):172-9, Feb. 1979.
53. PY, C.; LACOEUILHE, J.J. & TEISSON, C. L'ananas, sa culture, ses produits. Paris, Agence de Coopération Culturelle et Technique, 1984. 562p.
54. ROSENTHAL, F.R.T.; BARBOSA, C.M.; MELLO, A.P. & SILVA, S.M.O. Amidos da mandioca. 1. Características dos grânulos de 11 variedades procedentes do estado de Minas Gerais. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 44(1):55-60, 1972.
55. ROSENTHAL, F.R.T.; NAKAMURA, T.; ESPINDOLA, A.M.C. & JOCHIMEK, M.R. Structure of starch granules. Part 3. Some considerations on leguminosae and tuberosae. Die Starke, Weinheim, 26(2):50-6, Jan. 1974.
56. _____; OLIVEIRA, S.M.G.; ARAUJO, V.M.R.H. & SERAPIÃO, M.I.S. Guandu bean starch. I. Properties of the granules and of the pastes. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de Janeiro, 42(4):695-701, dez. 1970.

57. SANDSTEDT, R.M. & MATTERN, P.J. Damaged starch. Quantitative determination in flour. Cereal Chemistry, St. Paul, 37(3): 379-90, May 1960.
58. SARMENTO, S.B.S. Alterações na fração amido durante o armazenamento de raízes de uma cultivar de mandioca (Manihot esculenta Crantz) de uso industrial. Piracicaba. ESALQ, 1989. 103p. (Tese MS).
59. SCHOCH, T.J. Iodimetric determination of amylose. Potentiometric titration: standard method. In: WHISTLER, R.L. & WOLFROM, M.L., eds. Methods in carbohydrate chemistry. New York, Academic Press, 1964. v.4, p.157-60.
60. _____ & LEACH, H.W. Determination of absolute density. Liquid displacement. In: WHISTLER, R.L. & WOLFROM, M.L., eds. Methods in carbohydrate chemistry. New York, Academic Press, 1964. v.4, p.101-3.
61. _____ & MAYWALD, E.C. Microscopic examination of modified starches. Analytical Chemistry, Washington, 28(3):382-7, Mar. 1956.
62. _____ & _____. Preparation and properties of various legume starches. Cereal Chemistry, St. Paul, 45(6): 564-73, Nov. 1968.

63. SMITH, P.S. Starch derivatives and their use in foods. In: LINEBACK, D.R. & GINGLETT, G.E., ed. Food carbohydrates. Westport, AVI, 1982. p.237-69.
64. _____ & BELL, H. New Starches for food applications. Cereal Foods World, St. Paul, 31(10):724-6, Oct. 1986.
65. SMITH, R.J. Determination of absolute density. Air displacement. In: WHISTLER, R.L. & WOLFROM, M.L., eds. Methods in carbohydrate chemistry. New York, Academic Press, 1964. v.4, p.103-6.
66. SOULAKA, A.B. & MORRISON, W.R. The amylose and lipid contents, dimensions and gelatinization characteristics of some wheat starches and their A- and B-granule fractions. Journal of the Science of Food and Agriculture, England, 36:709-18, 1985.
67. STERLING, C. The structure of the starch grain. In: RADLEY, J.A., ed. Starch and its derivatives. 4.ed. London, Chapman and Hall, 1968. p.139-67.
68. STONE, L.A. & LORENZ, K. The starch of amaranthus. Physicochemical properties and functional characteristics. Starch/Starke, Weinheim, 36(7):232-7, 1984.

69. SUGIMOTO, Y.; YAMADA, K.; SAKAMOTO, S. & FUWA, H. Some properties of normal- and waxy-type starches of *Amaranthus hypochondriacus* L. Starch/Starke, Weinheim, 33(4):112-6, 1981.
70. TAKEDA, C.; TAKEDA, Y. & HIZUKURI, S. Physicochemical properties of lily starch. Cereal Chemistry, St. Paul, 60(3): 212-6, 1983.
71. VITTI, P. A viscosidade do amido e sua importância nos alimentos. Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos, Campinas, 8:69-83, 1966.
72. WATSON, S.A. Corn Starch. Isolation. In: WHISTLER, R.L. & WOLFROM, M.L., eds. Methods in carbohydrate chemistry. New York, Academic Press, 1964. v.4, p.3-5.
73. WILLIAMS, J.M. The chemical evidence for the structure of starch. In. RADLEY, J.A., ed. Starch and its derivatives. 4.ed. London, Chapman and Hall, 1968. p.91-138.
74. WILLIAMS, P.C.; KUZINA, F.D. & HLYNKA, I. A rapid colorimetric procedure for estimating the amylose content of starches and flours. Cereal Chemistry, St. Paul, 47(4):411-20, July 1970.

75. WILLIGEN, A.H.A. Potato starch. Isolation. In. WHISTLER, R.L. & WOLFROM, M.L., eds. Methods in carbohydrate chemistry, New York, Academic Press, 1964. v.4, p.9-13.
76. WOLFF, I.A.; GUNDRUM, L.J. & RIST, C.E. A simplified procedure for the characterization of starch fractions by viscosity and iodine sorption. Journal of the American Chemical Society, Washington, 72:5188-90, Nov. 1950.
77. WOLF, M.J. Wheat starch. Isolation. In: WHISTLER, R.L. & WOLFROM, M.L., eds. Methods in carbohydrate chemistry. New York, Academic Press, 1964. v.4, p.6-9.
78. WOSIACKI, G. & GEREDA, M.P. Characterization of pinhão starch. Part I. Extraction and properties of the starch granules. Starch/Starke, Weinheim, 37(7):224-7, 1985.