CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO AMIDO DE
CASTANHA EUROPEIA (*Castanea sativa*, Mill)

IVO MOTTIN DEMIATE

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" para obtenção
do título de Mestre em Ciências, área de
concentração Ciência e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1993

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCLQ/USP

Demiate, Ivo Mottin

D378c Características de qualidade do amido de castanha
européia (*Castanea sativa*, Mill). Piracicaba, 1993.
86 p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Amido de Castanha-da-Europa 2. Castanha-da-Euro
pa - Amido - Qualidade I. Escola Superior de Agricultu
ra Luiz de Queiroz, Piracicaba

CDD 664.2
634.53

CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO AMIDO DE
CASTANHA EUROPEIA (*Castanea sativa*, Mill)

IVO MOTTIN DEMIATE
Engenheiro agrônomo

Orientador: Dra. Marília Oetterer

Dissertação apresentada à Escola Superior de
Agricultura "Luiz de Queiroz" para obtenção
do título de Mestre em Ciências, Área de
Concentração Ciência e Tecnologia de Alimentos

Piracicaba
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1993

CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO AMIDO DE
CASTANHA EUROPEIA (*Castanea sativa*, Mill)

IVO MOTTIN DEMIATE

Aprovada em: 07/02/94.

Comissão julgadora:

Dra. Marília Oetterer

ESALQ/USP

Dr. Gilvan Wosiacki

UEPG

Dr. Gerard Chuzel

CIRAD/SAR

Prof. Dra. MARÍLIA OETTERER
Orientador

Agradecimentos

À Dra. Marília Oetterer pela orientação e incentivo durante todo o desenvolvimento do curso;

Ao Dr. Gilvan Wosiacki pelo apoio e acompanhamento na condução deste trabalho;

A docentes e funcionários do Departamento de Tecnologia Agroindustrial da ESALQ/USP que contribuíram para a elaboração deste trabalho, em especial ao funcionário e amigo Hilkias Arruda Nicolau;

À Universidade Estadual de Ponta Grossa, onde a parte experimental foi realizada, no laboratório de Tecnologia dos Produtos Agropecuários;

Ao Programa RHAE-Biotecnologia, do Ministério de Ciência e Tecnologia, pela cota de bolsa, através do convênio RHAE-UEPG, implantada através do CNPq-RHAE;

A Kátia, Eliana, Beatriz e Mídiam, da Divisão de Bibliotecas e Documentação da ESALQ/USP, e a Maria Etelvina, da Biblioteca Central da Universidade Estadual de Ponta Grossa (UEPG), pelo apoio na referenciação do trabalho;

À Dra. Daura Regina Eiras Stofella e Vera Regina F. Piontecke, do Centro de Microscopia Eletrônica da Universidade Federal do Paraná, pela realização de eletromicrografias e a Maurício Bollete, do Centro de Recursos Audiovisuais da UEPG, pelo apoio na elaboração do material fotográfico;

Ao Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos (CEPPA), da Universidade Federal do Paraná, pela realização de algumas análises químicas;

A todos que apoiaram e, de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS.....	04
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	05
3.1. A tecnologia de amido.....	05
3.2. As fontes amiláceas.....	06
3.3. A castanha européia.....	08
4. MATERIAL E METODOS.....	20
4.1. Material.....	20
4.2. Métodos.....	20
4.2.1. A matéria-prima.....	20
4.2.2. A farinha de castanha européia.....	21
4.2.2.1. Obtenção e caracterização química.....	21
4.2.2.2. Falling number.....	21
4.2.3. O amido de castanha européia.....	22
4.2.3.1. Obtenção e purificação.....	22
4.2.3.2. Caracterização química.....	22
4.2.3.2.1. Teores de amilose e amilopectina.....	23
4.2.3.3. Microscopia dos grânulos.....	24
4.2.3.4. Solubilidade dos grânulos em DMSO.....	24
4.2.3.5. Influência da temperatura sobre a solubilidade e expansão dos grânulos.....	25
4.2.3.6. Claridade da pasta.....	25
4.2.3.7. Viscoelasticidade da pasta.....	26
4.2.3.8. Força do gel.....	26
4.2.3.9. Análise viscográfica.....	26
4.2.3.10. Resistência aos ciclos de congelamento/descongelamento.....	27
4.2.3.11. Susceptibilidade enzimática das pastas.....	28
4.2.3.11.1. Enzima comercial.....	28
4.2.3.11.2. Amilases do trigo.....	28

4.2.3.12. Fermentação natural.....	29
4.2.3.12.1. Acidez total.....	29
4.2.3.12.2. Solubilidade e expansão dos grânulos a diferentes temperaturas.....	30
4.2.3.12.3. Análise viscográfica.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
5.1. A matéria-prima.....	30
5.2. A farinha de castanha européia.....	35
5.2.1. Caracterização química.....	35
5.2.2. Falling number.....	36
5.3. O amido de castanha européia.....	37
5.3.1. Obtenção e caracterização química.....	37
5.3.1.1. Composição centesimal.....	37
5.3.1.2. Teores de amilose e amilopectina.....	38
5.3.2. Microscopia dos grânulos.....	39
5.3.3. Susceptibilidade dos grânulos ao ataque enzimático.....	40
5.3.4. Solubilidade dos grânulos em DMSO.....	48
5.3.5. Solubilidade e expansão dos grânulos a diferentes temperaturas.....	48
5.3.6. Claridade do gel.....	52
5.3.7. Viscoelasticidade do gel.....	54
5.3.8. Força do gel.....	55
5.3.9. Análise viscográfica.....	56
5.3.9.1. Influência da concentração de amido.....	58
5.3.9.2. Influência da acidez.....	59
5.3.10. Resistência aos ciclos de congelamento/descongelamento.....	60
5.3.11. Susceptibilidade enzimática das pastas..	61
5.3.11.1. Enzima comercial.....	61

5.3.11.2. Amilases do trigo.....	62
5.3.12. Fermentação natural.....	65
5.3.12.1. Acidez total.....	65
5.3.12.2. Solubilidade e expansão dos grânulos a diferentes temperaturas..	65
5.3.12.3. Análise viscográfica.....	66
6. CONCLUSÕES.....	68
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	70

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Página

Fotografia 01 - Vista geral de castanheiras europeias.....	11
Fotografia 02 - Aspectos do fruto da castanheira, sua semente e amêndoa envolta por película celulósica.....	16
Fotografia 03 - Sementes de castanha europeia e amêndoas descascadas.....	31
Fotografia 04a - Grânulos de amido de castanha europeia nativos (a) e após tratamento com enzima amilolítica comercial (Termamyl 120L), por 24 horas a 37°C (b), em aumento de 2.020 vezes.....	42
Fotografia 04b - Grânulos de amido de castanha europeia nativos (a) e após tratamento com enzimas amilolíticas presentes em trigo malteado, por 24 horas a 37°C (b), em aumento de 2.020 vezes.....	43
Fotografia 05a - Grânulos de amido de milho nativos (a) e após tratamento com enzima amilolítica comercial (Termamyl 120L), por 24 horas a 37°C (b), em aumento de 2.020 vezes....	44
Fotografia 05b - Grânulos de amido de milho nativos (a) e após tratamento com enzimas amilolíticas presentes em trigo malteado, por 24 horas a 37°C (b), em aumento de 2.020 vezes.....	45
Fotografia 06a - Grânulos de amido de mandioca nativos (a) e após tratamento com enzima amilolítica comercial (Termamyl 120L), por 24 horas a 37°C (b), em aumento de 2.020 vezes.....	46
Fotografia 06b - Grânulos de amido de mandioca nativos (a) e após tratamento com enzimas amilolíticas presentes em trigo malteado, por 24 horas a 37°C (b), em aumento de	

2.020 vezes.....	47
Fotografia 07 - Caracterização do grau de clari- dade de pastas de amido de casta- nha (a), de mandioca (b) e de mi- lho (c), a quente.....	53
Fotografia 08 - Caracterização do grau de clari- dade de pastas de amido de casta- nha (a), de mandioca (b) e de mi- lho (c), a frio.....	54
Fotografia 09 - Caracterização da influência da concentração do amido de casta- nha européia (5,6,7%) na força do gel (A) e comparação da força do gel do amido de castanha européia (b) com a dos géis de amido de milho (c) e de mandioca (a), em concentração de 7% (B).....	56

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 01 - Distribuição de peso de sementes de castanha européia.....	33
Figura 02 - Solubilidade dos grânulos de amido de castanha européia (a), em comparação com os amidos de milho (b) e de mandioca (c).....	49
Figura 03 - Poder de expansão do amido de castanha européia (a), em comparação com os amidos de milho (b) e de mandioca (c).....	51
Figura 04 - Comparação das características de solubilidade e de expansão dos grânulos de amido de castanha européia.....	52
Figura 05 - Caracterização da viscoelasticidade do gel de amido de castanha européia, em comparação com os de amido de mandioca e de milho.....	55
Figura 06 - Características viscográficas do amido de castanha européia. A - Comparação com os amidos de milho e de mandioca.....	57
Figura 07 - Características viscográficas de amido de castanha européia (1). B - Influência da concentração de amido.....	59
Figura 08 - Características viscográficas de amido de castanha européia. C - Influência do pH do meio.....	60
Figura 09 - Influência da ação de enzimas amilolíticas nas características viscográficas de amidos de castanha européia (A), de milho (B) e de mandioca (C).....	62
Figura 10 - Padrão viscográfico do amido fermentado (b) de castanha européia em comparação ao nativo (a).....	67

LISTA DE TABELAS

Página

Tabela 01 - Consumo aproximado de castanhas na Espanha (toneladas métricas/ano).....	09
Tabela 02 - Composição química da castanha européia.....	18
Tabela 03 - Teor de aminoácidos em castanha européia in natura.....	18
Tabela 04 - Escore químico e aminoácidos limitantes de castanha européia, comparada com castanha-do-pará.....	19
Tabela 05 - Relação entre amêndoa e casca da castanha européia.....	32
Tabela 06 - Teor de umidade dos componentes da castanha européia.....	34
Tabela 07 - Composição química das farinhas de castanha européia, de milho e de mandioca, em base seca.....	36
Tabela 08 - Falling number de farinha de trigo, farinha de castanha européia e de mesclas destas farinhas.....	36
Tabela 09 - Composição centesimal dos amidos de castanha européia, de milho e de mandioca, em base seca.....	38
Tabela 10 - Valores azuis e teores de amilose dos amidos de castanha européia, de milho e de mandioca.....	38
Tabela 11 - Solubilidade dos grânulos de amido de castanha européia, em comparação com os amidos de milho e de mandioca.....	49
Tabela 12 - Poder de expansão do amido de castanha européia, em comparação com os amidos de milho e de mandioca.....	50
Tabela 13 - Transparência das pastas de amido de castanha européia, de milho e de mandioca.....	53

Tabela 14 - Porcentagem de liberação de água das pastas em decorrência de ciclos de congelamento/descongelamento.....	60
Tabela 15 - Efeito de enzima amilolítica (Termamyl 120L 0,00022%) na viscosidade do amido de castanha européia.....	62
Tabela 16 - Efeito de amilases do trigo sobre amidos de castanha européia, de milho e de mandioca - diferentes concentrações de extratos.....	63
Tabela 17 - Teores de açúcar redutor e de glucose liberados em função de diferentes concentrações de extrato de trigo germinado.....	64
Tabela 18 - Solubilidade e expansão do amido fermentado de castanha européia, em comparação ao similar nativo.....	66

CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO AMIDO DE
CASTANHA EUROPÉIA (*Castanea sativa*, Mill)

Autor: IVO MOTTIN DEMIATE
Orientador: Prof. Dra. MARÍLIA OETTERER
Co-orientador: Prof. Dr. GILVAN WOSIACKI

RESUMO

A castanheira européia (*Castanea sativa*, Mill), encontrada no sul do Brasil, produz anualmente castanhas, suas sementes, que são formadas no interior de frutos espinhosos, deiscentes. A composição química das castanhas demonstra alto teor de amido, sendo o maior componente da matéria seca. O teor de umidade nas castanhas in natura é de cerca de 50g/100g e o de amido na farinha da castanha é de aproximadamente 70g/100g. Os outros componentes da farinha de castanha são proteínas (4,8g/100g), lipídios (4,6g/100g), fração fibra (2,0g/100g) e fração cinza (1,8g/100g). A fração amido foi caracterizada quimicamente e funcionalmente, tendo sido avaliado o seu comportamento reológico em termos de comportamento viscográfico, viscoelasticidade, claridade das pastas, força dos géis. Os grânulos do amido nativo e aqueles submetidos à hidrólise enzimática por alfa-amilase comercial e por amilases presentes em trigo germinado foram observados em microscopia eletrônica de varredura. Todos os resultados revelaram que o amido de castanha européia apresenta um comportamento funcional intermediário aos amidos de milho e de mandioca, empregados como controles. A composição química do amido, em termos de amilose e amilopectina, foi igualmente intermediária porém decisiva na qualificação do amido. Palavras-chave: amido, *Castanea sativa*, castanha européia.

STANDARD OF QUALITY OF EUROPEAN
CHESTNUT (*Castanea sativa*, Mill) STARCH

Author: IVO MOTTIN DEMIATE
Advisor: Prof. Dr. MARILIA OETTERER
Co-advisor: Prof. Dr. GILVAN WOSIACKI

SUMMARY

The european chestnut tree (*Castanea sativa*, Mill), found in the south of Brazil, annually produces seeds, the chestnuts, inside spiny dehiscent fruits. Chemical composition of the chestnuts shows that starch is the main component of the dry mass. In natura chestnuts moisture is about 50%(w/w) and the starch content in chestnut flour represents 70%(w/w) of the total weight. The other components of european chestnut flour are, in weight/weight percentage, proteins (4,8%), lipids (4,6%), fibers (2,0%) and ash (1,8%). The starch was chemically and functionally characterized. The viscographic pattern, the viscoelasticity, the paste clarity and the gel strength of the european chestnut starch were analyzed, in comparison with corn and cassava starches. Native and enzyme treated starch granules were observed by scanning electron microscopy. The results showed that european chestnut starch has an intermediary functional pattern when compared with corn and cassava starches. This fact was directly correlated with its chemical composition, that was also intermediary, showing that amylose:amylopectin ratio, is the main factor for its functional pattern.

Key-words: starch, *Castanea sativa*, european chestnut.

1. INTRODUÇÃO

A castanheira européia (*Castanea sativa*, Mill), encontrada no sul do Brasil, exige condições de clima temperado para o seu desenvolvimento. As árvores adultas têm grande porte, produzindo madeira e castanhas em quantidades apreciáveis. No Brasil, porém, não são esses os produtos explorados da cultura mas sim o aspecto paisagístico das árvores, que justifica seu cultivo em muitas propriedades rurais.

Sua semente, utilizada na Europa como matéria prima em múltiplas aplicações, como em panificação, produção de marrom-glacê e purês, é pouco aproveitada no Brasil, servindo quase que exclusivamente para a alimentação de suínos. As sementes são produzidas anualmente, no interior de frutos espinhosos deiscentes e que desprendem-se facilmente das árvores, podendo atingir o solo sem que as castanhas (sementes) tenham sido liberadas. Após parcial desidratação, pela simples exposição ao sol, há liberação das sementes que, geralmente, são duas ou três por fruto.

A literatura oferece poucas informações referentes à semente da castanheira européia e sua utilização, não havendo grande disponibilidade de dados. Os dados disponíveis são mais relacionados à cultura da

castanheira, tratando de aspectos fitossanitários, especialmente de doenças foliares, e também de identificação genética de espécies de *Castanea* (MALVOLTI & FINESCHI, 1987). A composição química da castanha revela o amido como principal componente individual, não sendo, porém, facilmente encontradas informações mais detalhadas na literatura especializada. Há trabalhos que indicam a porcentagem deste componente na matéria-prima, porém não há informações sobre as suas características qualitativas que são, efetivamente, os fatores determinantes do aproveitamento tecnológico da castanha.

O estudo de novas fontes amiláceas tem objetivo claro, que é o de obter informações fundamentais a respeito das características de qualidade do amido, considerando-se, para tal, o estudo dos grânulos e das pastas. O conhecimento das diferenças existentes entre amidos de fontes distintas é indispensável à tecnologia de amido; há, inclusive, terminologia diferenciada conforme a fonte amilácea considerada. Assim, amidos de raízes ou de tubérculos, são designados de féculas e, quando comparados a amidos de cereais, mostram características de qualidade distintas. As aplicações de amidos e féculas são inúmeras, entre as quais podem ser citadas, na indústria alimentícia, como espessantes e estabilizantes, na indústria têxtil, na indústria de papel e celulose e na elaboração de filmes biodegradáveis.

Associada a esta linha de pesquisa de novas fontes amiláceas está a modificação de amidos, que inclui desde processos genéticos, ainda nas fontes amiláceas, até tratamentos químicos, físicos, microbiológicos, enzimáticos e associados, diretamente sobre o amido; desta forma, há ampliação das possibilidades de aplicações

tecnológicas. Em países da América do Sul, especialmente no Brasil e na Colômbia, a fermentação da fécula de mandioca consiste em importante processo de modificação de amido, especialmente em algumas regiões desses países. A fécula de mandioca (*Manihot utilissima*, L.) pode ser fermentada naturalmente por determinado período de tempo, resultando em um produto conhecido por polvilho azedo, que é muito apreciado, nesses países, para a elaboração de alguns alimentos, sendo qualitativamente insubstituível pela fécula não fermentada de mandioca.

O amido de castanha européia, como principal componente individual da matéria seca, surge como determinante da qualidade da castanha enquanto matéria-prima agroindustrial. A qualificação deste polissacarídeo deverá fornecer subsídios que o capacite ou não a uma aplicação direta na indústria, assim como quanto à susceptibilidade de modificações físicas, químicas e enzimáticas. A determinação de suas características de qualidade virá, pois, a contribuir com a geração de conhecimentos sobre a matéria-prima e avaliação de seu uso para atender a demanda principalmente em alimentos.

2. OBJETIVOS

Descrever as características da castanha européia com vistas ao seu aproveitamento como matéria-prima para a indústria de alimentos;

Determinar a composição centesimal de farinha de castanha européia e as proporções dos teores de carboidratos, proteínas e lipídios;

Qualificar a fração amido da castanha européia considerando os grânulos e pastas;

Avaliar a susceptibilidade granular e das pastas do amido da castanha européia à ação de amilases (E.C. 3.2.2.1) comerciais e complexo amilolítico presente em grãos de trigo.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esta revisão bibliográfica inclui aspectos sobre a tecnologia de amido e sobre as fontes amiláceas, de forma geral, e sobre a castanha européia, de forma específica.

3.1. A tecnologia de amido

A composição química do amido, suas características estruturais, sua forma e o tamanho de seus grânulos são determinados geneticamente, havendo interação com fatores ambientais (HUZUKURI et al., 1965), que influem nas propriedades dos amidos (BADENHUIZEN, 1965).

Amidos de várias fontes têm sido usados em diferentes setores industriais, com ênfase especial na produção de bebidas fermentadas, na indústria têxtil e na indústria de embalagens biodegradáveis (WOELK, 1981; ROPER & KOCH, 1990). Mais recentemente, o amido tem sido usado como uma boa alternativa para a produção de combustível (NOVO, 1976), através de processos biotecnológicos (ALLEN & DAWSON, 1975; WOELK, 1981; GROSSMANN et al., 1988; VIJAYAGOPAL et al., 1988). Dentre os países produtores de amido destacam-se os Estados Unidos e a Europa, que processam o milho, e a Tailândia, que processa a mandioca.

No que diz respeito aos alimentos, além de sua utilização doméstica como ingrediente alimentar de elevado valor calórico, o amido é o hidrocolóide mais usado, principalmente como agente espessante (KITE et al., 1963; WHISTLER & PASCHALL, 1967; PASCHALL & ARONS, 1973; SANDERSON, 1981). De certa forma, o principal uso do amido em alimentos está mais vinculado a fatores estéticos e de textura do que nutricionais, embora seja considerado uma

excelente fonte energética para o homem.

Dentre as características essenciais para uso em alimentos, um agente espessante deve apresentar alta viscosidade, transparência, resistência a ciclos de congelamento e descongelamento, estabilidade do gel frente ao corte, estabilidade de sua viscosidade frente a ácidos, açúcares e sais, aumento da consistência com o resfriamento e resistência ao aquecimento e à agitação (PASCHALL & ARONS, 1973). Poucos desses atributos funcionais podem ser demonstrados por um tipo particular de estrutura, por um único agente espessante, ao mesmo tempo. Por esta razão, para obtenção de alimentos característicos deve ser utilizado o tipo adequado de amido, que pode ser nativo ou modificado estruturalmente, desde que inofensivo à saúde.

Os amidos podem ser manipulados e modificados de acordo com a necessidade do processo ou do produto alimentício desejado e o conhecimento de propriedades estruturais e funcionais favorece a possibilidade de um uso mais adequado na obtenção de novos e melhores alimentos (LANSKY et al., 1973), considerando-se também a sua interação com os demais componentes de sistemas alimentícios (OSMAN, 1975). Nativos ou modificados, seu emprego em tecnologia de alimentos ainda pode ser notado como umectante, gelificante, estabilizante, emulsificante, agente de coesão, de moldagem, de modificação de farinhas e de retenção de água (PASCHALL & ARONS, 1973).

3.2. As fontes amiláceas

As principais fontes de amido refletem também os dois tipos nativos mais comuns, de cereais e de

tubérculos. Amidos de milho e féculas de batata, respectivamente, têm sido usados tanto em sua forma nativa como têm servido de base para os principais processos de modificação (SANDERSON, 1981). A estas fontes seguem-se outras, como o trigo, o sorgo e a mandioca (KITE et al., 1963; ROSENTHAL et al., 1972).

Ainda outras fontes de amido têm sido identificadas, pesquisadas e citadas na literatura especializada por diferentes motivos, dentre os quais salientam-se a necessidade de mais dados a respeito da fisiologia de vegetais interessantes para a alimentação e o estudo de produtos nativos raros (SCHOCH & MAYWALD, 1968; ROSENTHAL & ESPINDOLA, 1969; RASPER, 1971; LII et al., 1982; SATHE et al., 1983; CHANG et al., 1982; TAKEDA et al., 1983) e/ou de maior interesse regional (ROSENTHAL et al., 1970; RASPER, 1971; ROSENTHAL et al., 1971; DELPEUCH & FAVIER, 1979; TAKEDA, 1983). De qualquer forma, estas informações são importantes para o uso dessas fontes alternativas de amido em processos tecnológicos visando ou não o setor alimentício.

Exemplificando este fato, pode-se observar na literatura nacional o relato acerca da fécula de cará-de-rama (*Dioscorea bulbifera*, L.), uma túbera bastante difundida em certas regiões do norte do Estado do Paraná (GIACOMETTO, 1984). As características do produto agrícola e as possibilidades de processamento são descritas por GIACOMETTO et al. (1986), assim como detalhes dos grânulos (GIACOMETTO et al., 1987a) e propriedades reológicas das pastas (GIACOMETTO et al., 1987b). A avaliação química de algumas espécies cultivadas foi apresentada por WOSIACKI et al. (1989), objetivando-se evidenciar as flutuações intervarietais num momento em que os cultivares ainda não estavam definidos agronomicamente,

segundo pesquisas do Instituto Agronômico do Paraná. Pode ser observado, a partir dos resultados desses experimentos, que as características particulares da fécula de cará-de-rama possibilitam o seu uso enquanto perfeito substituto do amido de milho, particularmente quanto ao aspecto de força e opacidade do gel. O processo de obtenção é, todavia, mais fácil e conseqüentemente mais barato, além do que a matéria-prima praticamente não tem valor econômico, visto ser utilizada apenas para consumo *in natura* por uma pequena parcela da população.

Assim como o exemplo supra citado, do cará-de-rama, existem outros produtos agrícolas cujos potenciais de utilização, industrial ou não, ainda não foram avaliados, por diversos motivos. As castanhas, por exemplo, que incluem várias espécies do gênero *Castanea* (L.), da família *Fagaceae*, têm ou já tiveram papel importante para os povos da Europa, Ásia e América do Norte (RUTTER et al., 1991), sendo matéria-prima para elaboração de mingaus e para panificação, em regiões pobres da Europa, especialmente na região sudeste (BROUK, 1975).

3.3. A castanha européia

A região de origem da castanheira européia, castanheira portuguesa ou castanheira espanhola (BROUK, 1975) estende-se, segundo IZQUIERDO (1978), por toda a zona meridional da Europa. Também RUTTER et al. (1991) afirmam que a castanha européia é nativa do sul da Europa, regiões úmidas ao redor do Mediterrâneo, incluindo a Ásia Menor. Nesta região a castanha tem uma longa história de cultivo, desde o Império Romano (BROUK, 1975; RUTTER et al., 1991); citam também que os limites de cultivo da *Castanea sativa* não são claros, sendo difundido em todo o

mundo. IZQUIERDO (1978) explica que a castanha foi introduzida artificialmente, inclusive no norte da Alemanha e sul da Suécia, embora nestas latitudes sua frutificação seja pequena e muito problemática.

EMBUN (1961) afirma que a castanha européia, *Castanea sativa* ou *Castanea vesca* é cultura muito importante na Espanha, tanto pelo alto valor de sua madeira quanto de suas amêndoas; trata-se, também, de uma cultura amplamente distribuída por toda a Europa (IZQUIERDO, 1978) sendo a área de cultivo estimada em 40.000 hectares - apenas a Espanha produz, anualmente, 80.000 toneladas métricas de amêndoa. Na tabela 01 podemos observar o comportamento do consumo de castanhas na Espanha, onde, apesar do grande volume produzido e comercializado, a produção perdida atinge cerca de 25% do total das castanhas. A dificuldade para realização da colheita e o curto período de conservação do produto *in natura* provavelmente são responsáveis por este grande volume de perdas.

Tabela 01 - Consumo aproximado de castanhas na Espanha (toneladas métricas/ano)

Produção perdida	20.000
Consumo animal	20.000
Consumo <i>in natura</i> e vendas diretas do produtor	10.000
Comércio interno - Espanha	23.000
Exportação média	7.000

Fonte: IZQUIERDO, 1978.

O cultivo da castanheira européia nos Estados Unidos é muito restrito, existindo apenas 160 hectares de plantações comerciais, o que é atribuído à falta de hábito de consumo de castanhas ou de seus produtos (McCARTHY & MEREDITH, 1988); existe, todavia, ao

leste de São Francisco, na Califórnia, uma plantação de 20 hectares, que foi estabelecida por imigrantes italianos há mais de 100 anos.

Segundo RUTTER et al. (1991), o potencial de desenvolvimento da castanha como cultura agrícola é grande, havendo interesse de países em estabelecer plantações comerciais, a exemplo da Austrália, Nova Zelândia e Estados Unidos, que não produzem em quantidades significativas. Segundo estes autores, todos os países envolvidos na produção da castanha européia estão realizando esforços no sentido de ampliar suas áreas de cultivo. O baixo consumo de castanhas é atribuído à baixa qualidade das amêndoas produzidas e à falta de hábito dos consumidores - em adição, há expectativa de novos produtos e novos usos para a castanha. RUTTER (1989) explicita o atual interesse pelas culturas de múltiplas opções, e considera a castanha como um bom exemplo disto, com a produção de madeira e de castanhas de ótima qualidade.

RUTTER et al. (1991) afirmam que as castanheiras toleram solos pouco viáveis à agricultura convencional, incluindo solos rochosos, cascalhentos e arenosos, porém solos encharcados e muito argilosos irão resultar em árvores fracas e suscetíveis a doenças. O pH do solo pode ser moderadamente ácido, havendo bom desenvolvimento entre pHs 4,0 e 6,5. A precipitação pluviométrica de 750 a 1200 milímetros é comum nas regiões de origem da castanha. O crescimento das árvores é rápido e vigoroso nos primeiros anos, atingindo 2,5 metros no primeiro ano, com um crescimento posterior mais lento. Árvores mais velhas, com 30 anos de idade, têm grande porte, com aproximadamente 1 metro de diâmetro e 30 metros de altura (LES ARBRES, 1990; RUTTER et al., 1991). O porte da árvore pode ser observado na Fotografia 01, que

apresenta exemplares da espécie plantadas no Campus da Universidade Estadual de Ponta Grossa, com aproximadamente 25 anos de idade.

Fotografia 01 - Vista geral de castanheiras européias.

A produção mundial de castanhas, em 1985, segundo RUTTER et al.(1991), foi de 500.000 toneladas métricas e, certamente, tem crescido. Os maiores produtores são, em ordem, China, Coréia, Itália, Turquia, França, Japão, Espanha, Portugal e Grécia. Somente a China tem uma produção estimada de 100.000 a 240.000 toneladas métricas (BURNETT, 1987). Conforme RUTTER et al.(1991) todos estes países têm grandes, saudáveis e expansivas indústrias processadoras de castanha, mas afirmam que a maior parte da produção é comercializada fresca, sendo as castanhas consumidas cozidas ou assadas, em combinação com

carnes e vegetais. Há também a confecção de guloseimas, que alcançam bons preços. A maior parte da castanha européia é processada como purê, creme, castanhas enlatadas e marrom glacê. Purês de castanha européia são muito apreciados como acompanhantes de pratos a base de aves, especialmente peru (BROUK, 1975). A França e a Itália são destacados como os maiores produtores europeus, com cultivo de mais de 200 cultivares de castanha européia (BROUK, 1975; RUTTER, 1991). Na França, cita este autor, há cultivo de dois tipos de castanhas: as chamadas *chataignes* e as chamadas *marrons*. São consumidas, normalmente, cozidas ou assadas, o que facilita sobremaneira a retirada do pericarpo, que corresponde a casca.

RUTTER et al. (1991) citam que a castanha européia possui uma longa história de cultivo nas regiões montanhosas da Europa; uma cultura desenvolvida como fornecedora de "cereais", em função da composição química das castanhas. A produção européia foi relativamente estável nas décadas de 70 e 80, sendo de 150 a 200.000 toneladas métricas anuais, segundo o mesmo autor. Até a década de 70, a produção européia sofreu um grande declínio; em 1900, a produção francesa era de 395.000 toneladas métricas, enquanto que em 1974 esta produção era de, apenas, 30.317 toneladas métricas (BERGOUGNOUX, 1978). Este grande declínio é atribuído à ocorrência de algumas doenças fúngicas (*Phytophthora cambivora*, (Petri) Buisson e *Phytophthora cinnamomi*, Rands), que dizimaram a cultura.

O declínio da cultura combinado com uma grande demanda resultaram em preços relativamente altos durante a década de 80. Os altos preços estimularam a renovação de pomares tradicionais, bem como a instalação de novos pomares (RUTTER et al., 1991). Os autores afirmam

que a cultura da castanheira européia está em fase de expansão na Europa, com a criação de muitos pomares para a produção de castanhas. Ao contrário da Europa e Ásia, os Estados Unidos nunca tiveram indústrias comerciais de castanha européia, segundo os autores. Houve o início da instalação de um pomar industrial na virada do século, mas uma doença fúngica rapidamente o destruiu. Os autores afirmam que a produção nos Estados Unidos é muito pulverizada e dados estatísticos atualizados são escassos. Eles estimam a produção total como sendo inferior a 5.000 toneladas métricas, representada por pequenas plantações de "fundo de quintal", com menos de dez árvores cada. A importação de castanha européia pelos Estados Unidos chega a 55.000 toneladas métricas, principalmente da Itália. Então, sugerem os autores, um modesto mercado interno já existe, mas há um mercado potencial muito maior, tanto doméstico como exterior. A América do Norte possui amplas áreas aptas ao cultivo da castanha européia e variedades resistentes às doenças plenamente adequadas à região.

O incentivo dos altos preços mundiais e o interesse pelas culturas alternativas e a agricultura sustentável estão promovendo um crescimento da indústria da castanha européia nos Estados Unidos, afirmam RUTTER et al. (1991). Os autores citam que várias plantações comerciais foram iniciadas há pouco tempo em mais de dez estados norte-americanos, bem como no sul de Ontario, Canadá. Os maiores problemas enfrentados pela indústria são, segundo os autores, a ausência de técnicas de propagação mais adequadas, cultivares regionais e desenvolvimento de sistemas eficientes de práticas para a colheita e pós-colheita. No continente meridional, conforme os autores, está havendo grande incentivo à formação de pomares e desenvolvimento de mercados competitivos. A Nova Zelândia e a Austrália são os líderes

desses mercados, com algum volume da produção já alcançando o mercado asiático. A Bolívia, o Brasil e a Argentina já contam com pomares em produção, com alguma exportação significativa. Considerando que a maior parte da castanha é comercializada na forma *in natura*, os autores citam que a habilidade dos países do hemisfério sul em fornecer castanhas frescas para os países do hemisfério norte na época da entre-safra significa um grande potencial de lucro e a possibilidade do incremento do consumo informal e do consumo total.

RUTTER et al. (1991) afirmam que a colheita é um ponto crítico para a industrialização da castanha, pois é, geralmente, manual. A mecanização é complicada, pois a maturação é desuniforme. MILLER (1987) afirma que as castanhas ganham aproximadamente 50% de sua matéria seca durante as duas últimas semanas antes da maturação plena, e da deiscência e abscisão dos frutos; a colheita, pois, poderá ser realizada apenas alguns dias antes da queda natural das castanhas, para evitar grandes perdas de rendimento e qualidade do produto. A permanência das castanhas em contato com o solo causa rápida perda de qualidade, em virtude da desidratação parcial, que favorece sobremaneira a decomposição posterior da amêndoa. Há também o problema do rápido consumo por animais silvestres.

O armazenamento das castanhas frescas é complexo devido ao alto teor de umidade, que favorece o desenvolvimento de microrganismos, especialmente fungos (mofos, bolores), constituindo o maior problema da preservação pós-colheita; não há como diferenciar castanhas sadias das atacadas por fungos até que ocorra o descascamento. Além disso, conforme RUTTER et al. (1991), pode haver produção de micotoxinas. McCARTER et al. (1980)

isolaram *Aspergillus* sp, que produziu toxina em meio de cultura. A redução dos danos por fungos pode ser conseguida por banho de água quente (WELLS & PAYNE, 1980), sendo que a redução da concentração de oxigênio no ambiente de armazenamento também mostrou-se eficiente na redução de danos fúngicos (McCARTER et al., 1980). A manutenção de alto teor de umidade das castanhas parece ser importante fator na prevenção da decomposição fúngica das castanhas frescas; possivelmente, afirma MILLER (1987), as sementes viáveis da castanha têm maior capacidade de limitar o crescimento fúngico.

RUTTER et al. (1991) afirmam que os frutos do gênero *Castanea* são similares entre si, mas diferem consideravelmente das nozes. As sementes estão contidas em um fruto complexo, extremamente espinhoso, deiscente, com quatro loci, às vezes dois, na maturidade. As castanhas, quando desligadas do fruto, ficam bastante vulneráveis à predação por animais, uma vez que a casca não constitui uma proteção eficiente. Entre a casca e a amêndoa há uma película celulósica, que envolve o embrião e os dois cotilédones, que têm forma irregular. Ao contrário da maioria das amêndoas, as castanhas têm pouco lipídio, sendo ricas em carboidrato. As castanhas são, geralmente de cor escura, com uma extremidade relativamente pontiaguda, e podem ter algumas ranhuras na casca, no sentido do comprimento. Variam em tamanho, mas geralmente pesam entre 10 e 25 gramas. As amêndoas são de coloração branco-creme, sendo recobertas com uma película difícil de ser removida. Estas características podem ser observadas na Fotografia 02. RUTTER et al. (1991) observam ainda que o tamanho das castanhas, aliado à qualidade da madeira da castanheira são pontos muito favoráveis ao cultivo. Como instrumento para a conservação das castanhas, RUTTER et al. (1991) sugerem a rápida e completa desidratação e

afirmam que este método confere estabilidade com manutenção das propriedades nutritivas, possibilitando o armazenamento por prolongados períodos.

Fotografia 02 - Aspectos do fruto da castanheira, sua semente e amêndoa envolta por película celulósica.

RUTTER et al.(1991) afirmam que as castanhas são palatáveis na forma *in natura*, mas são, geralmente, consumidas cozidas. O valor nutricional das castanhas em comparação com grãos de cereais sugere igual uso de suas farinhas para a confecção de pães, bolos e biscoitos. Os autores citam que a polenta italiana, hoje feita com fubá de milho, já foi, originariamente, elaborada a partir de castanhas. Afirmam que, quando a produção era abundante, as castanhas eram fornecidas a animais domésticos, especialmente suínos.

BROUK (1975) cita que, em regiões rurais pobres da Europa, principalmente no sudeste, as castanhas são desidratadas e transformadas em uma farinha doce, que é usada para elaboração de mingau e mesmo na elaboração de pães.

RUTTER (1989) afirma que o potencial da cultura da castanheira européia é muito grande, devido a grande facilidade de seu cultivo, grande produção de castanhas, de alto valor nutricional, com sabor de aceitação universal e possibilidade de manufatura de diversos produtos a partir da castanha processada.

A semente, que é a parte comestível, é composta pelo embrião envolto por dois cotilédones. Estes são grandes e contêm principalmente amido e açúcares, mas são pobres em lipídios (BROUK, 1975). Vários autores determinaram a composição química da castanha européia; encontraram teores de matéria seca entre 43 e 50%, amido entre 28 e 56%, lipídio entre 1,3 e 4,6%, fração cinza entre 1,8 e 2,6% e proteína entre 2,3 e 7,0% (ALMEIDA & VALSECHI, 1952; TROYAN et al., 1971; HADORN, 1973; MICIC et al., 1987; MCCARTHY & MEREDITH, 1988; RUTTER et al., 1991).

Tabela 02 - Composição química da castanha européia

autores	componente (g/100g)				
	MS	amido	lipídio	cinza	proteína
ALMEIDA & VALSECHI, 1952	43	28,6	4,6	1,8	4,8
TROYAN et al., 1971	--	28-33	1,3	---	3,5
HADORN, 1973	44	46-56	3,5	2,6	---
MICIC et al., 1987	48	40-43	4,3	2,2	---
McCARTHY & MEREDITH, 1988	--	40,3	1,6	---	2,3
RUTTER et al., 1991	50	40,0	3,0	---	7,0

MS - matéria seca

McCARTHY & MEREDITH (1988), avaliando a composição química da castanha européia, encontraram 1,98% de proteína, enquanto em outro trabalho, por eles citado, havia sido encontrado 2,63% (castanha in natura). Os autores ainda determinaram os teores de aminoácidos das castanhas, que é demonstrada na tabela 03.

Tabela 03 - Teores de aminoácidos em castanha européia in natura (g de aminoácidos/100g de proteína).

aminoácido	g/100g (a)	g/100g (b)
isoleucina	3,34	3,04
leucina	4,90	4,90
lisina	5,09	4,82
fenilalanina	3,60	3,31
tirosina	2,43	2,15
cistina	2,69	--
metionina	2,00	0,77
treonina	3,12	3,11
triptofano	0,94	--
valina	4,62	4,17

Fonte: (a) McCARTHY & MEREDITH, 1988.

(b) MEREDITH et al., 1988.

McCARTHY & MEREDITH (1988) afirmam que a castanha européia tem um alto escore químico (53%), sendo a isoleucina o aminoácido limitante, de acordo com o padrão oficial. Os aminoácidos, segundo diversos autores,

estão presentes em quantidades equilibradas, sendo a isoleucina o único em quantidade pouco abaixo da requerida (McCARATHY & MEREDITH, 1988; MEREDITH et al., 1988; RUTTER et al., 1991). O valor biológico da proteína da castanha européia é superior, se comparado com outras castanhas de maiores teores protéicos (McCARATHY & MEREDITH, 1988). Como mostra a tabela 04, a castanha européia tem maior escore químico (53%) do que a castanha-do-pará (49%).

Tabela 04 - Escore químico e aminoácidos limitantes de castanha européia, comparada com castanha-do-pará.

fonte protéica	proteína	escore químico	aminoácido
castanha européia	1,98	53	isoleucina
castanha-do-pará	14,34	49	lisina

Fonte: McCARTHY & MEREDITH, 1988.

A castanha européia, tem em sua composição proteína de boa qualidade se comparada a outras fontes protéicas vegetais, porém apresenta baixo nível protéico. A elaboração de farinha, no entanto, torna esse nível protéico mais significativo em decorrência da retirada parcial de umidade. Assim, é possível que a proteína da castanha européia venha a contribuir no sentido de complementar outras proteínas de menor valor biológico, ingeridas na dieta, contribuindo com o equilíbrio de aminoácidos. Além da proteína de alta qualidade que contém, com a qualificação do amido, ou seja, com a definição de suas características estruturais e funcionais serão fornecidos subsídios para o emprego da castanha européia na indústria alimentícia de forma compatível com suas peculiaridades.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material

Amostras de castanha européia foram obtidas de árvores plantadas na região dos Campos Gerais, em propriedades rurais do município de Ponta Grossa (PR), coletadas sob a copa das árvores ainda dentro do invólucro espinhoso (fruto); posteriormente, as sementes foram separadas deste invólucro e processadas. A avaliação da susceptibilidade enzimática das pastas de amido de castanha européia foi efetuada com emprego de extrato de farinha de trigo germinado em condições de laboratório e com enzimas comerciais de atividades amilolíticas conhecidas. Na maior parte das avaliações foram empregados amido de milho e fécula de mandioca comerciais, que foram submetidos ao mesmo processo de purificação efetuado na extração do amido de castanha européia, através de tratamento alcalino com hidróxido de sódio 0,15N. Após este tratamento, os amidos foram lavados com água até atingirem pH 6,0 sendo posteriormente suspensos com etanol. As amostras secas foram empregadas como padrões.

4.2. Métodos

4.2.1. A matéria-prima

O produto agrícola foi analisado em termos de tamanho, peso, teor de umidade e proporção de parte comestível e de casca. A determinação do tamanho e peso das castanhas foi realizada através da medição e pesagem de 70 amostras, cada qual constituída por uma unidade. O teor de umidade foi determinado através do método oficial, em estufa a 104°C até peso constante, com 3 repetições (amostras) de pesos semelhantes. A proporção da parte

comestível foi determinada através do descascamento manual de amostras de castanha, procedendo-se a pesagem das frações obtidas.

4.2.2. A farinha de castanha européia

A farinha de castanha européia foi obtida a fim de ser analisada e também como forma de conservação da matéria-prima para o desenvolvimento do trabalho durante o período de entre-safra.

4.2.2.1. Obtenção e caracterização química

A farinha de castanha foi obtida a partir da parte comestível desidratada por moagem seca e tamisação em 60 mesh. Os teores de matéria seca, fração cinza, lipídio, proteína e fração fibra foram determinados de acordo com as NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO "ADOLFO LUTZ" (1976), para farinhas e amidos. Desta forma, o teor de umidade foi determinado por gravimetria após desidratação em estufa a 104°C até peso constante, assim como a fração cinza, após calcinação à temperatura de 550°C. O teor protéico foi avaliado pelo método de Kjeldahl, utilizando-se o fator de 6,25 como conversão de nitrogênio. O material graxo foi estimado por gravimetria, após extração com éter de petróleo (AOAC, 1965) em extrator Soxhlet. A fração fibra foi determinada gravimetricamente, após sucessivos tratamentos com ácido sulfúrico e com hidróxido de sódio (AACC, 1962).

4.2.2.2. Falling number

A avaliação da atividade amilásica da farinha de castanha européia bem como de mesclas com farinha de trigo foi realizada através do falling number

(AOAC, 1990), que é indicativo de atividade enzimática redutora de viscosidade das pastas, ou seja, de alfa-amilases (MATHEWSON & POMERANZ, 1978). Suspensões das farinhas em 50 ml de água destilada foram cozidas a 100°C em equipamento denominado falling number analyzer. Foram avaliadas mesclas contendo 10, 20 e 30% de farinha de castanha, e também farinhas de trigo e de castanha, isoladamente.

4.2.3. O amido de castanha européia

A metodologia empregada na extração do amido de castanha européia é descrita e também todas as metodologias para a sua caracterização.

4.2.3.1. Obtenção e purificação

O amido de castanha européia foi obtido por precipitação em suspensão aquosa, após o descascamento e moagem das castanhas. O material sedimentado foi tratado com NaOH a 0,15N, lavado e peneirado, tendo sido, após ressuspensão em NaOH 0,10N, lavado com água até atingir pH 6,0 e posteriormente lavado com etanol e deixado secar a temperatura ambiente. Os amidos de milho e de mandioca, utilizados com padrões no processo de caracterização, de origem comercial, haviam sido obtidos de acordo com o procedimento clássico utilizado em escala industrial e purificados de acordo com os procedimentos utilizados para o amido de pinhão (WOSIACKI & CEREDA, 1985).

4.2.3.2. Caracterização química

As análises químicas, em termos de matéria seca, proteína, lipídios, fração fibra e fração cinza foram efetuadas da mesma forma que as realizadas na

determinação da composição química da farinha, acima descritas.

4.2.3.2.1. Teores de amilose e amilopectina

A reação da fração linear do amido com iodo resultando em coloração azul baseia muitas metodologias que tratam da caracterização química desse polissacarídeo (BATES et al., 1943; KNEEN, 1944; WOLFF et al., 1950; BADENHUIZEN, 1965; FOSTER, 1965; LYNE, 1976; HIZUKURI, 1965; MEDCALF & GILLES, 1965; WILLIAMS et al., 1970; MORRISON & LAIGNELET, 1983; TAKEDA et al., 1983).

Os teores de amilose e de amilopectina foram determinados através do "valor azul" (BV), conforme MORRISON & LAIGNELET (1983), com algumas adaptações. As amostras (75 mg, em base seca-MS) de amido foram colocadas em tubos com tampa, aos quais foram adicionados 10 ml de uréia-dimetilsulfóxido (UDMSO), preparados com 1 parte de uréia 6 M e 9 partes de DMSO. Após digestão em banho de vapor por 90 minutos os tubos foram resfriados e, a partir deste amido dissolvido em UDMSO, foram determinados os teores de amilose aparente e amilose total; na determinação da amilose total há tratamento com etanol com objetivo de eliminar lipídios, que interferem no resultado. O método é colorimétrico, sendo 1 ml das soluções amido-UDMSO colocados em balões volumétricos de 100 ml, com adição de 2 ml de solução de I₂-KI (2mg I₂ e 20mg KI/ml). É empregado um branco, contendo apenas UDMSO-I₂-KI. Completa-se o volume e faz-se leitura na faixa de 635 nm, após 15 minutos da adição da solução contendo iodo. Através de uma equação desenvolvida pelos autores, e considerando-se uma correção das leituras dos valores azuis para a temperatura de 20°C, são obtidos os teores de amilose.

Equação empregada para determinação do teor de amilose, a partir do valor azul:

$$\text{Amilose\%} = (28,414 \times \text{Valor azul}) - 6,218$$

Fator de correção do valor azul, para a temperatura de 20°C:

$$BV_{20^{\circ}\text{C}} = BV_{T^{\circ}\text{C}} + (T^{\circ}\text{C} - 20) \times 0,0078$$

4.2.3.3. Microscopia dos grânulos

A análise microscópica dos grânulos de amido tem grande importância na caracterização deste produto, sendo descrita e empregada em vários trabalhos (MOSS, 1976; GALLANT & STERLING, 1976).

As microfotografias dos grânulos de amido foram feitas em microscópio eletrônico de varredura Philips modelo 505, em vários aumentos, após fixação com álcool da amostra desidratada em suporte metálico. A susceptibilidade enzimática do amido granular foi avaliada através de microfotografias, tendo sido a digestão promovida conforme metodologia adotada por LEACH & SCHOCH (1961).

4.2.3.4. Solubilidade dos grânulos em dimetil-sulfóxido (DMSO)

Foram pesados 0,05g de amido (MS) em tubos com tampa, adicionando-se 10 ml de DMSO e, após 30 horas de agitação, as amostras foram centrifugadas por 15 minutos a 2200 rpm. O grau de solubilização foi avaliado através da determinação do teor de açúcares totais no

sobrenadante através do método do fenol-sulfúrico (DUBOIS, 1956); esta metodologia foi adaptada de LEACH & SCHOCH (1962).

4.2.3.5. Influência da temperatura sobre a solubilidade e a expansão dos grânulos

O poder de expansão ou de inchamento e a solubilidade, fatores relevantes na avaliação das forças das ligações mantenedoras dos grânulos (HULL & SCHOCH, 1959; LEACH et al., 1959; DELPEUCH & FAVIER, 1979), foram determinados conforme LEACH et al. (1959). Amostras de 0,5g de amido (MS) foram suspensas em 40ml de água destilada, em tubos de centrífuga, que foram colocados em banhos de água a temperaturas controladas (60, 70, 80 e 90°C), permanecendo a essas temperaturas por 30 minutos e, em seguida, foram centrifugados a 2200 rpm, por 15 minutos. Após retirada do sobrenadante, o decantado úmido foi pesado, determinando-se assim o poder de expansão nas referidas temperaturas, considerado como o aumento de peso após o tratamento em relação ao peso seco inicial (KITE et al., 1963; WILLINGEN, 1976). A solubilização foi observada no mesmo experimento através da determinação do teor de açúcares totais no sobrenadante, com a técnica do fenol-sulfúrico (DUBOIS, 1956).

4.2.3.6. Claridade da pasta

Suspensões de amido de castanha na concentração de 5g/100ml (MS) foram gomificadas em banho de água e as pastas resultantes foram colocadas em placas de Petri; a claridade foi avaliada através da observação do nível de passagem de luz através das pastas colocadas sobre superfície com cores contrastantes. Amidos de milho e de mandioca foram avaliados, servindo como referenciais,

segundo a metodologia descrita por WOSIACKI & CEREDA (1989).

4.2.3.7. Viscoelasticidade da pasta

A pasta de amido, produzida a partir de suspensão contendo 5g/100ml (MS), foi colocada em placa de Petri e após esfriamento, sobre ela foi traçada uma linha com emprego de um fio envolvido com tinta especial. Com uma espátula foi efetuado um corte transversal a essa linha e observada o perfil de deformação dessa linha, o que define o padrão de viscoelasticidade do amido. Amidos de milho e de mandioca foram estudados, servindo de controles. A metodologia, citada por KITE et al. (1963), foi descrita com detalhes e empregada por WOSIACKI & CEREDA (1989) na caracterização do amido de pinhão.

4.2.3.8. Força do gel

Foram gomificadas suspensões de 5, 6 e 7g/100ml (MS) de amido de castanha e as pastas resultantes foram colocadas em copos plásticos de 50 ml, onde permaneceram até esfriar. A força do gel foi avaliada, então, através da estabilidade dos géis formados. A comparação com os padrões foi efetuada considerando suspensões de 7g/100ml (MS). Amidos de milho e de mandioca foram comparados ao amido de castanha, segundo a metodologia descrita por WOSIACKI & CEREDA (1989).

4.2.3.9. Análise viscográfica

A análise viscográfica da pasta de amido de castanha européia foi realizada com emprego de amilógrafo Brabender, equipado com cabeçote de 700 cmg, com

incremento de temperatura e rotação constantes, de 1,5°C por minuto e 75 rpm, respectivamente. O início da análise se deu quando a suspensão de amido (6g/100ml, base seca, em 450 ml de solução tampão - acetato de sódio 0,05M, pH 6,0) atingiu a temperatura de 50°C. O sistema foi aquecido até 95°C, mantido a esta temperatura por 30 minutos e, então, resfriado até 50°C. Da mesma forma, foi avaliada a influência de diferentes concentrações de amido no padrão viscográfico (5, 6 e 7g/100ml) e a influência da acidez, com emprego de soluções tampão acetato de pHs 3,0, a 6,0. Em todos os amilogramas, a temperatura de gomificação foi considerada como sendo aquela na qual a viscosidade atingiu 10 unidades Brabender (MEDCALF & GILLES, 1965; NAIVIKUL & D'APPOLONIA, 1979). Viscogramas comparativos entre o amido em estudo e os padrões milho e mandioca foram realizados. Esta metodologia, descrita por MAZURS et al. (1957), foi empregada por LII & LINEBACK (1977), considerando-se vários pontos característicos nos amilogramas (RADLEY, 1976).

4.2.3.10. Resistência da pasta aos ciclos de congelamento/descongelamento

A avaliação da resistência das pastas aos ciclos de congelamento/descongelamento foi efetuada gravimetricamente (SINGHAL & KULKARNI, 1990) através de quantificação da água liberada das pastas após centrifugação. As pastas foram elaboradas em tubos de centrífuga, na concentração de 5 g/100ml (MS), sendo colocadas a -18°C pelo período de 6 horas; após este tratamento térmico, foram estabilizadas à temperatura ambiente e centrifugados por 10 minutos a 3000 rpm, havendo liberação de água. Foram considerados amidos de milho e de mandioca como padrões.

4.2.3.11. Susceptibilidade enzimática das pastas

A susceptibilidade enzimática das pastas foi avaliada através da liberação de açúcares redutores, bem como através da redução de viscosidade ocorrida nas pastas (KNEEN, 1944; PAZUR, 1965), avaliada em amilógrafo, com o aquecimento a 95°C (GOERING & BRELSFORD, 1965; ROSENTHAL et al., 1969; VIJAYAGOPAL et al., 1988).

4.2.3.11.1. Amilase comercial

O efeito do tratamento enzimático no comportamento viscográfico da pasta de amido de castanha européia foi observado após tratamento com 1,0 ml de alfa-amilase, denominada comercialmente Termamyl 120L, diluída 1:1000, em 450 ml da suspensão de amido a 6 g/100ml (MS); as análises foram efetuadas utilizando-se tampão acetato de sódio 0,05M, pH 6,0.

4.2.3.11.2. Amilases do trigo

O efeito do complexo amilolítico do trigo, ou seja, da diástase (KNEEN, 1944; PAZUR, 1965), sobre as pastas dos amidos de castanha, milho e de mandioca foi estudado através do emprego de amilógrafo.

Foram preparados extratos de farinha de trigo, germinado ou malteado (KNEEN, 1944; PAZUR, 1965) em bandejas a temperatura ambiente e com interrupção da germinação após 48 horas por desidratação, através da moagem das sementes desidratadas em presença de água clorada (BALLS & SCHWIMMER, 1944; HIZUKURI et al., 1965; PAZUR, 1965; CIACCO & CRUZ, 1982). A suspensão foi filtrada em papel, a fim de promover a padronização do extrato, que foi elaborado com emprego de 2 gramas de

trigo germinado (MS) em 100 ml de água corrente, convencionado como extrato a 100%; as concentrações de extrato empregadas variaram de 10 a 100%. Os controles, ou seja, os amilogramas realizados na ausência de extrato, foram igualmente realizados com água corrente, tendo sido considerado também o pH, próximo da neutralidade (KNEEN, 1944), para melhor atuação das amilases. A avaliação dos amilogramas considerou a temperatura de gomificação, bem como a redução da viscosidade máxima durante o cozimento, ou seja, durante a elevação de temperatura de 50 para 95°C. Além disso, também foi avaliada a hidrólise do amido a açúcares solúveis, pelo método de Somogyi-Nelson (PLUMMER, 1971) e a hidrólise do amido a glucose, através do método enzimático glucose-oxidase.

As condições térmicas em que a atividade amilásica foi avaliada permite inferir maior atividade de alfa-amilases, mais termoestáveis. O incremento de 1,5°C/minuto até atingir 95°C restringe, certamente, a ação de outras amilases, mais termossensíveis (KNEEN, 1944) e também com pH ótimo mais baixo, próximo de 5,0.

4.2.3.12. Fermentação natural do amido

A 100 gramas de amido de castanha européia adicionou-se uma suspensão (150 ml) contendo 2 g/100ml de fécula de mandioca fermentada - polvilho azedo. Após 30 dias de fermentação, à temperatura ambiente, o amido foi seco ao sol e avaliado quanto ao teor de acidez titulável, poder de expansão e solubilização a várias temperaturas.

4.2.3.12.1. Acidez titulável

Foi avaliada através de titulação com hidróxido de sódio 0,1 N, seguindo-se a metodologia

descrita em NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO "ADOLFO LUTZ" (1969).

4.2.3.12.2. Solubilidade e expansão dos grânulos a diferentes temperaturas

A metodologia empregada foi idêntica àquela descrita para o amido nativo.

4.2.3.12.3. Análise viscográfica

A análise viscográfica também foi efetuada, com 6 g/100ml de amido (MS), em amilógrafo, seguindo a metodologia já descrita neste trabalho.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão apresentados, com as discussões pertinentes, considerando-se a matéria-prima, a farinha e o amido de castanha européia.

5.1. A matéria-prima

A castanha européia, coletada manualmente sob a copa das árvores, apresenta-se ou dentro do invólucro espinhoso, quando verde, ou fora, após o amadurecimento da semente e sua conseqüente parcial desidratação. Tal como se apresenta ao mercado consumidor, a castanha européia encontra-se ilustrada na Fotografia 03, com uma casca celulósica protegendo a amêndoa, que corresponde à parte comestível. A castanha, e conseqüentemente a amêndoa, apresenta forma característica, semi-esférica e com uma parte mais plana, definida em sua origem pelo espaço disponível nos loci do

fruto; outras formas podem ser observadas, todavia, em menor frequência. Em que pese o descascamento constitua-se em uma fase complexa do processamento, a casca da castanha européia é separada com certa facilidade da amêndoa havendo, porém, coesão acentuada entre a amêndoa e uma película celulósica de revestimento que existe ainda sob a casca e que não é retirada com o descascamento empregado.

Fotografia 03 - Sementes de castanha européia e amêndoas descascadas.

As dificuldades que podem ser observadas e que vêm a inibir inicialmente a viabilização de seu uso em maior escala podem ser sumarizadas como (1) as de manuseio dos frutos contendo as sementes, em virtude dos espinhos, que se tornam ainda mais agressivos na fase final de desidratação, e (2) as de descascamento mecânico, face à inexistência de equipamento adequado ao beneficiamento. Em consequência, a colheita das sementes e o rendimento de

obtenção de parte comestível representam obstáculos atualmente intransponíveis frente à sua utilização em larga escala.

A parte comestível, descascada manualmente em nível de laboratório, a julgar pelos dados da Tabela 05, que representa a avaliação de sete amostras compostas de um conjunto semelhante de castanhas, constitui aproximadamente 80% do peso total; a casca representa cerca de 20%. O coeficiente de variação, da ordem de 5%, indica uma pequena variação em torno da média na amostragem estudada.

Tabela 05 - Relação entre amêndoa e casca da castanha européia(%)

repetição	amêndoa	casca
1	73,90	26,10
2	81,45	18,55
3	82,47	17,53
4	76,72	23,28
5	82,89	17,11
6	76,95	23,05
7	85,71	14,29
média	80,01	19,99
desvio padrão	3,899	3,899
coef. variação	4,870	5,000

O peso médio das castanhas, estimado a partir de setenta (70) amostras unitárias, foi de $14,035 \pm 3,67$ gramas, o que evidencia uma variação de 26,15% em termos de coeficiente; o diâmetro médio foi, por sua vez, de $3,26 \pm 0,297$ cm, com uma variação menor, de 9,11%. A distribuição das castanhas em classes de pesos pode ser observada no histograma de frequência mostrado a seguir, elaborado a partir da amostra constituída de setenta (70) unidades escolhidas ao acaso; pode ser observada uma

distribuição normal, com a maior parte dos pesos oscilando entre 11 e 17 g - esta prevalência do peso das castanhas sugere um grau de homogeneidade desejável em produtos agrícolas de interesse no processamento industrial, porém, desde que ultrapassadas algumas dificuldades operacionais relevantes.

Esses resultados são próximos aos descritos por RUTTER et al. (1991), que citam pesos médios oscilando entre 10 e 25 g; MICIC et al. (1987) citam valores entre 11,1 e 14,1 g em castanhas produzidas na Iugoslávia, com incidência de sementes menores, portanto. Estas variações de tamanhos das castanhas podem ser atribuídas ao grande número de cultivares existentes, além das interações edafo-climáticas que ocorrem nas diferentes localidades onde as castanheiras são cultivadas.

Figura 01 - Distribuição de peso de sementes de castanha européia.

O teor médio de umidade foi determinado para os componentes da castanha européia, tanto da casca quanto da amêndoa, em três repetições, e os resultados podem ser observados na Tabela 06, mostrada a seguir; é possível concluir que o teor médio de umidade da parte comestível da castanha é da ordem de 50%, o que a caracteriza como um produto agrícola semi-perecível, a julgar apenas por este parâmetro.

Tabela 06 - Teor de umidade dos componentes da castanha européia.

repetição	teor de umidade, g/100g	
	amêndoa	casca
1	52,51	35,74
2	52,07	35,30
3	52,08	32,35
média	52,22	34,46
desvio padrão	0,205	1,510
coef. variação	0,390	4,370

Face às características do produto agrícola, desde a sua produção e fases subsequentes de beneficiamento, observa-se a necessidade de, a fim de subsidiar a sua utilização enquanto matéria-prima para a agroindústria alimentar, que sejam desenvolvidos mais estudos e pesquisas com relação às etapas de conservação e de descascamento. Neste trabalho é enfocada a caracterização da matéria-prima e do amido, porém há que se enfatizar a importância de trabalhos subsequentes com relação a operações de colheita e de pré-processamento; algumas referências sobre o uso de ácido fítico no descascamento de castanhas similares à castanha européia (UENO, 1971) sugerem novos caminhos para a pesquisa de processamento em nível ainda agroindustrial.

5.2. A farinha de castanha européia

Como matéria-prima de característica eminentemente calórica, o processamento convencional de obtenção de farinha integral se apresenta como o mais lógico, dentro dos moldes industriais predominantes.

A farinha de castanha européia, obtida através de moagem das amêndoas desidratadas, apresenta-se com uma coloração levemente escurecida em função da presença de componentes da casca, que podem ser facilmente eliminados com descascamento mais eficiente; não apresenta, todavia, evidências de um escurecimento enzimático durante o processo, razão pela qual não foi necessária a aplicação de procedimentos inibidores de oxidação durante a fase de processamento.

Com relação à farinha de castanha européia são apresentados a seguir, a sua composição química e a análise do falling number, neste caso, inclusive de farinha de castanha européia pura e em mesclas com farinha de trigo.

5.2.1. Caracterização química

A composição química da farinha, apresentada na Tabela 07, evidencia um produto altamente calórico, comparável, em termos de amido, à farinha de mandioca; apresentou, inclusive, maiores teores de proteínas e da fração cinza e menor porcentagem da fração fibra do que a farinha de mandioca - os lipídios, ausentes nesta, apresentam-se relativamente em elevados teores na farinha de castanha, à semelhança do milho.

Tabela 07 - Composição química das farinhas de castanha européia, de milho e de mandioca, em base seca.

componentes	castanha	milho*	mandioca*
fração cinza,g/100g	1,97	1,73	1,40
lipídeos,g/100g	4,96	5,20	---
fração fibra,g/100g	2,15	2,89	5,93
proteínas,g/100g	5,13	10,40	1,05
amido,g/100g	77,78	79,77	84,88

Fonte: *CAMARGO et al. (1984)

5.2.2. Falling number

A importância do falling number na observação de atividade alfa-amilásica em farinhas foi estudada por RINGLUND (1983), que avaliou algumas farinhas de trigos, germinados e não germinados, concluindo que a presença de alfa-amilases foi mais importante que os teores de amido por elas contidos, no comportamento do falling number. Este parâmetro constitui fator importante no conhecimento da qualidade de panificação da farinha de trigo. Nesta avaliação, foram encontrados valores elevados, bem acima dos 250 segundos, preconizados pelos moinhos como necessários à boa qualidade da farinha de trigo.

Tabela 08 - Falling number de farinha de trigo, farinha de castanha européia e de mesclas destas farinhas.

farinha	falling number (segundos)
trigo	485
castanha	447
trigo/castanha (90%/10%)	422
trigo/castanha (80%/20%)	392
trigo/castanha (70%/30%)	376

A farinha de castanha européia empregada em misturas com farinha de trigo, em porcentagens de 10, 20 e 30%, mostrou-se apta à elaboração de pães, bolos, biscoitos e macarrão (WOSIACKI et al., 1993), o que vem de encontro às considerações efetuadas, especialmente em relação à compatibilidade enzimática das farinhas, acima explicitada através dos resultados da análise do falling number.

5.3. O amido de castanha européia

As características da fração amido em estudo compreendem a sua composição centesimal, as peculiaridades morfológicas de seus grânulos, a sensibilidade granular ao ataque enzimático e as suas propriedades funcionais decorrentes da interação dos grânulos com água em diferentes temperaturas; o amido de castanha européia fermentado em laboratório foi avaliado através do seu teor de acidez, grau de solubilização e poder de expansão a diferentes temperaturas e análise viscográfica.

5.3.1. Caracterização química

A caracterização química está demonstrada a seguir, considerando-se a composição centesimal e os teores de amilose e amilopectina.

5.3.1.1 Composição centesimal

Principal constituinte individual da farinha da castanha européia, o amido pode ser facilmente isolado por decantação em meio aquoso; mostrou-se, à semelhança de outros amidos, como um pó branco, inodoro e sem sabor, e isento de pigmentos oriundos da casca ou de

outras impurezas. Sua composição centesimal encontra-se apresentada a seguir, em comparação com a de amidos de milho e de mandioca obtidos sob mesmas condições; pode ser observado, na Tabela 09, que mostrou valores mais elevados em todos os seus componentes, evidenciando ser menos susceptível aos processos usuais de purificação.

Tabela 09 - Composição centesimal dos amidos de castanha européia, de milho e de mandioca, em base seca.

componentes, g/100g	castanha	milho	mandioca
fração cinza	0,51	0,02	0,16
fração fibra	1,09	---	---
proteína	0,83	0,30	0,08
lipídios	1,51	0,06	0,43
amido	97,12	99,62	99,32

5.3.1.2. Teores de amilose e amilopectina

O teor de amilose encontrado para o amido de castanha européia foi calculado através do "valor azul". Os amidos de milho e de mandioca também foram estudados, estando os valores azuis e os respectivos teores de amilose demonstrados na tabela 10.

Tabela 10 - Valores azuis e teores de amilose dos amidos de castanha européia, de milho e de mandioca.

fonte	valor azul	amilose	amilopectina
castanha européia	0,98	21,5%	78,5%
milho	1,08	24,5%	75,5%
mandioca	0,87	18,6%	81,4%

O teor de amilose do amido de castanha mostrou-se intermediário aos teores deste polissacarídeo

nos amidos de milho e de mandioca. Esses teores estão de acordo com WOSIACKI & CEREDA (1985), que encontraram 21,94% para o amido de milho e 17,65% para o amido de mandioca e com WURZBURG (1986), que cita aproximadamente 28% de amilose para amido de milho e 17% para amido de mandioca. TAKEDA et al. (1983) encontraram 16,9% de amilose em amido de mandioca, enquanto WILLIAMS et al. (1970) encontraram 18,0% e, em amido de milho 23,7%; MORRISON & LAIGNELET (1983) encontraram 27,5% de amilose total. Além destes, muitos outros autores (HOOD & MERCIER, 1978; DELPEUCH & FAVIER, 1979; CAMARGO et al., 1988) encontraram valores de amilose próximos aos deste trabalho. Generalizando, PAZUR (1965) afirma que a maioria dos amidos nativos contém amilose e amilopectina na razão de 1:3, respectivamente.

A relação dos componentes amilose e amilopectina tem profunda influência nas propriedades funcionais das pastas (PASCHALL & ARONS, 1973); o menor teor de amilose significa menor cristalinidade estrutural o que, entre outros efeitos, causa a menor temperatura de gomificação, maior expansão e absorção de água (BILIADERIS et al., 1981a).

O teor de amilose intermediário encontrado para o amido de castanha sugere comportamento funcional igualmente intermediário das pastas, em relação aos padrões considerados.

5.3.2. Microscopia dos grânulos

Os grânulos, analisados através de técnicas de microscopia eletrônica de varredura, mostram-se de formato característico, irregular, completamente diferentes daqueles de mandioca ou de milho, ambos

maiores; esféricos e poligonais, respectivamente, conforme pode ser observado nas fotografias 04, 05 e 06. Os grânulos de amidos de milho e de mandioca, apesar de diferentes quanto as formas, apresentam diâmetros semelhantes, o que está de conformidade com a literatura (TRUBELL, 1944; MOSS, 1976).

5.3.3. Susceptibilidade dos grânulos ao ataque enzimático

A susceptibilidade dos grânulos de amidos de castanha européia, de milho e de mandioca ao ataque enzimático de preparações amilolíticas comerciais e de enzimas amilolíticas presentes em grãos de trigo germinados pode ser inferida pela observação das Fotografias 04, 05 e 06, que mostram aspectos dos grânulos nativos e após tratamento enzimático por 24 horas, a 37°C. A ocorrência de irregularidades na superfície dos grânulos permite concluir que a ação enzimática foi efetiva em 24 horas de tratamento; a corrosão parcial dos grânulos de amido promove certa solubilização de carboidratos, detectável no sobrenadante resultante da centrifugação das amostras em estudo. Pode também ser observado o grau intermediário de susceptibilidade à ação enzimática dos grânulos de amido de castanha européia em relação aos amidos de milho e de mandioca; enquanto que os da fécula de mandioca são pouco, os de milho são muito susceptíveis, a julgar pela danificação detectável nas eletromicrografias.

Na literatura podem ser encontradas considerações a respeito da susceptibilidade enzimática do amido granular. BADENHUIZEN (1965), por exemplo, cita a formação de grânulos simples e de grânulos compostos, ou seja, um grânulo apenas formado em cada plastídeo e vários

grânulos formados em um plastídeo, respectivamente, como sendo fator relevante na susceptibilidade enzimática. Os grânulos compostos, segundo o autor, apresentam maior susceptibilidade, em função da presença de fissuras em sua estrutura granular. O autor afirma, neste trabalho, que o amido de castanha européia é do tipo simples, o que significa, segundo ele, que é menos suscetível à ação enzimática do que outros grânulos. Já TRUBELL (1944) afirma serem raros os amidos com grânulos compostos; seriam, para o autor, exceções da formação normal dos grânulos simples.

A existência de poros nos grânulos e a estrutura típica, relativa a cada fonte produtora de amido, são responsáveis pela maior ou menor susceptibilidade à hidrólise enzimática granular (LEACH & SCHOCH, 1961; ROSENTHAL et al., 1971; ROSENTHAL & NAKAMURA, 1972). Os autores dão mais ênfase a essas características genéticas dos grânulos do que aos danos sofridos em decorrência dos processos de extração/purificação. SANDSTEDT & MATTERN (1960), no entanto, dão grande importância aos grânulos danificados, pois são mais suscetíveis à hidrólise e têm maior solubilidade.

A ação apenas da alfa-amilase no amido granular é muito restrita, a não ser que a enzima encontre-se em elevada concentração (SCHWIMMER, 1945; BALLS & SCHWIMMER, 1944), como neste experimento.

Fotografia 04a - Grânulos de amido de castanha européia nativos (a) e após tratamento com enzima amilolítica comercial (Termamyl 120L), por 24 horas a 37°C (b), observados em microscopia eletrônica de varredura (SEM) com aumento de 2.020 vezes.

a

b

Fotografia 04b - Grânulos de amido de castanha européia nativos (a) e após tratamento com enzimas amilolíticas presentes em trigo malteado, por 24 horas a 37°C (b), observados em microscopia eletrônica de varredura (SEM) com aumento de 2.020 vezes.

a

b

Fotografia 05a - Grânulos de amido de milho nativos (a) e após tratamento enzima amilolítica comercial (Termamyl 120L), por 24 horas a 37°C (b), observados em microscopia eletrônica de varredura (SEM) com aumento de 2.020 vezes.

a

b

Fotografia 05b - Grânulos de amido de milho nativos (a) e após tratamento com enzimas amilolíticas presentes em trigo malteado, por 24 horas a 37°C (b), observados em microscopia eletrônica de varredura (SEM) com aumento de 2.020 vezes.

a

b

Fotografia 06a - Grânulos de amido de mandioca nativos (a) e após tratamento enzima amilolítica comercial (Termamyl 120L), por 24 horas a 37°C (b), observados em microscopia eletrônica de varredura (SEM) com aumento de 2.020 vezes.

Fotografia 06b - Grânulos de amido de mandioca nativos (a) e após tratamento com enzimas amilolíticas presentes em trigo malteado, por 24 horas a 37°C (b), observados em microscopia eletrônica de varredura (SEM) com aumento de 2.020 vezes.

5.3.4. Solubilidade dos grânulos em dimetilsulfóxido (DMSO)

O amido de castanha européia mostrou-se similar à fécula de mandioca, diferindo do amido de milho, com relação à solubilidade em DMSO; sua solubilização foi de 40,8%. O amido de mandioca foi solubilizado em 45,4%, enquanto o amido de milho, bem mais suscetível a esse solvente, foi solubilizado em 91,3%. Esses resultados são próximos dos obtidos por CEREDA & WOSIACKI (1985), que encontraram 44,92% de solubilização para a fécula de mandioca e 91,14% para o amido de milho. A alta solubilidade do amido de milho representa uma fácil penetração do solvente na matriz granular, o que indica ligações fracas e heterogêneas nos grânulos (PARAMAHANS et al., 1980).

5.3.5. Solubilidade e expansão dos grânulos a diferentes temperaturas

As características de solubilidade de amido de castanha européia, observadas na faixa de 60 a 90°C, indicam uma estrutura granular que possibilita a liberação de açúcares solúveis com certa facilidade, a partir de 65°C, mostrando-se aproximadamente linear na faixa de 60 a 80°C. Este padrão de solubilidade, embora mais restrito, é bastante parecido com aquele observado para o amido de mandioca, que apresenta-se ainda com maior capacidade de solubilização de seus componentes; a solubilidade do amido de milho apresentou um padrão consideravelmente diferente dos dois anteriores, com um aumento significativo da solubilidade dos grânulos somente a partir de temperaturas acima de 85°C, que coincide com a temperatura de sua gomificação, evidenciando a existência de dois conjuntos de forças mantenedores da estrutura granular (DELPEUCH &

FAVIER, 1979), com resistências diferenciadas ao calor. Na Tabela 11 são apresentados os resultados dos experimentos conduzidos a fim de caracterizar a influência da temperatura sobre o grau de solubilização dos grânulos de amidos, enquanto a Figura 02 apresenta estes mesmos dados sob a forma gráfica.

Tabela 11 - Solubilidade dos grânulos de amido de castanha européia, em comparação com os amidos de milho e de mandioca.

temperatura °C	solubilidade (g/100 g)		
	castanha	milho	mandioca
60	0,63	0,29	2,40
70	15,87	4,24	16,76
80	23,42	6,50	27,70
90	29,36	16,70	32,60

Figura 02 - Solubilidade dos grânulos de amido de castanha européia (a), em comparação com os amidos de milho (b) e de mandioca (c).

O poder de expansão dos grânulos de amido de castanha européia, avaliado na faixa de 60 a 90°C, aumentou, após a temperatura de 60°C, de forma aproximadamente parabólica, demonstrando existir forças mantenedoras de estruturas de características semelhantes sensíveis ao calor nesta faixa. O comportamento observado para a fécula de mandioca foi qualitativamente muito semelhante porém de maior intensidade; o amido de milho, todavia, apresentou expansão efetiva apenas após 90°C, num padrão característico, com expansão restrita em decorrência do maior teor de amilose (HULL & SCHOCH, 1959).

A composição química em termos de amilose e amilopectina do amido sempre teve correlação direta com o perfil funcional, e nesta análise do poder de expansão isto também ocorreu. Neste caso, o amido de castanha européia mostrou um comportamento muito próximo do da fécula de mandioca.

A Tabela 12 apresenta os resultados dos experimentos conduzidos a fim de caracterizar este padrão de comportamento dos três tipos de amido enquanto que a Figura 03 apresenta os mesmos resultados sob a forma gráfica.

Tabela 12 - Poder de expansão do amido de castanha européia, em comparação com os amidos de milho e mandioca.

temperatura °C	poder de expansão (vezes)		
	castanha	milho	mandioca
60	3,30	2,24	8,71
70	23,80	8,55	33,37
80	27,20	11,69	44,29
90	34,70	14,39	50,25

Figura 03 - Poder de expansão do amido de castanha européia (a), em comparação com os amidos de milho (b) e de mandioca (c).

As características de solubilidade e de expansão observadas nos amidos são interligadas, visto constituírem-se em consequências diferentes de um mesmo fenômeno - a modificação estrutural do grânulo em função da temperatura. Várias possibilidades podem ser observadas, entretanto, tais como baixa solubilidade e alta expansão, alta solubilidade e alta expansão, entre outras. A manipulação dos resultados obtidos nos experimentos anteriores permite observar que, no caso de amidos de castanha e de mandioca, a razão entre a solubilidade e a expansão, ratio, ou seja, a quantidade de açúcares liberados por unidade de expansão, varia, em função da temperatura, de forma sigmoideal (Fig. 04); há uma pequena solubilização a 60°C, uma grande solubilização entre 60 e 80°C, e uma estabilização após esta temperatura; no caso de amido de milho observam-se forças de coesão mais intensas, resistentes na faixa de 70-80 °C, e maior solubilização acima de 80°C.

Figura 04 - Comparação das características de solubilidade e de expansão de grânulo de amido de castanha européia.

5.3.6. Claridade da pasta

A capacidade de permitir a passagem de luz pelo interior da pasta, propriedade funcional denominada de transparência, claridade ou opacidade, dependendo do interesse da aplicação do amido, pode ser caracterizada qualitativamente através das informações contidas na Tabela 13, obtidas a partir da inspeção da claridade das pastas logo após a sua gomificação e após resfriamento; as Fotografias 06 e 07 atestam as características explicitadas. Pode ser observado, inclusive, que a claridade das pastas de amido de castanha européia apresenta-se intermediária à das pastas dos amidos controles; nem tão transparente quanto a da pasta de fécula de mandioca e nem tão opaca quanto a da pasta de amido de milho. A existência de relação direta entre a claridade das pastas e o poder de inchamento dos grânulos

(KITE et al., 1963) fica evidente diante dos resultados.

Tabela 13 - Transparência das pastas de amido de castanha européia milho e mandioca.

condição	claridade		
	castanha	milho	mandioca
a frio	translúcido	opaco	transparente
a quente	translúcido	translúcido	transparente

Fotografia 07 - Caracterização do grau de claridade de pastas de amidos de castanha (a), mandioca (b) e milho (c), a quente.

Fotografia 08 - Caracterização do grau de claridade de pastas de amidos de castanha (a), mandioca (b) e milho (c), a frio.

5.3.7. Viscoelasticidade da pasta

A viscoelasticidade da pasta de amido de castanha européia caracteriza-se como de reologia longa (KITE et al., 1963; PASCHALL & ARONS, 1973; WILLIGEN, 1976), com maior semelhança com a de fécula de mandioca do que com a de amido de milho, conforme pode ser observado na figura 05. Este teste relaciona-se com o teor de amilopectina e os resultados estão compatíveis com os teores de amilose e amilopectina apresentados anteriormente.

Figura 05 - Caracterização da viscoelasticidade do gel de amido de castanha européia, em comparação com os de amido de mandioca e de milho.

5.3.8. Força do gel

A força do gel do amido de castanha européia mostrou-se intermediária entre a força dos géis de milho e de mandioca, mas com certeza mais próxima com a do primeiro o que, como já foi comentado, determina similaridade de composição do amido de castanha com a do amido de milho.

A força do gel do amido da castanha européia pode ser inferida pela observação da Fotografia 09, em comparação com amidos de mandioca e de milho, e em diferentes concentrações de amido de castanha européia. O gel do amido de castanha pode ser considerado como forte (PASCHALL & ARONS, 1973), à semelhança do gel de amido de milho. Sua aplicação prática para a confecção de sobremesas tipo pudim é evidente pela possibilidade de corte com faca e colher.

Fotografia 09 - Caracterização da influência da concentração do amido de castanha européia (5, 6 e 7%) na força do gel (A) e comparação da força do gel do amido de castanha européia (b) com a dos géis de amido de milho (c) e de mandioca (a), em concentração de 7% (B).

5.3.9. Análise viscográfica

A pasta de amido da castanha européia apresenta padrão viscográfico típico, com temperatura relativamente baixa de gomificação, pico de viscosidade máxima pouco acentuado a 95°C, o que reflete facilidade de cozimento (MAZURS et al., 1957), acentuada resistência à agitação mecânica a quente e baixa tendência à retrogradação.

Estas características mostram certas

semelhanças com as de mandioca, especialmente em termos de temperatura de gomificação, padrão de inchamento e tendência à retrogradação, sendo similar ao de milho, quanto ao pico de viscosidade e resistência ao cozimento, caracterizando-o, portanto, como de comportamento viscográfico intermediário aos dos amidos padrões.

A tendência a retrogradar está relacionada ao comprimento das cadeias lineares que, no caso dos amidos de castanha e de milho, são menores do que as do amido de mandioca (LANSKY et al., 1949). O padrão viscográfico do amido de castanha européia demonstrou ser intermediário com relação aos tipos A (amido de mandioca) e B (amido de milho), conforme a classificação de padrões viscográficos de SCHOCH & MAYWALD (1968).

As características viscográficas da pasta de amido da castanha européia, em comparação aos padrões considerados podem ser observadas na Figura 06.

Figura 06 - Características viscográficas de amido de castanha européia (1). A - Comparação com os padrões de milho (2) e de mandioca (3).

O poder de expansão dos grânulos de amido de castanha em função da temperatura foi intermediário ao dos padrões, o que é evidenciado no amilograma (RADLEY, 1976).

5.3.9.1. Influência da concentração de amido

A influência da concentração de amido nas características viscográficas, observada na faixa de 5 a 7 g/100ml, evidencia que em baixas concentrações o comportamento é mais similar ao do amido de milho, enquanto que em concentrações mais elevadas é nitidamente semelhante com o de fécula de mandioca.

O resultado obtido, com maior viscosidade e menor temperatura de gomificação da suspensão mais concentrada, foi o esperado, pois o maior número de grânulos presentes na suspensão causa absorção mais rápida da água do meio (WILLIGEN, 1976), o que causa viscosidade acentuada e prévia, em relação às de menor concentração.

Há também incremento da amplitude do amilograma e redução da estabilidade ao cozimento, o que, WILLIGEN (1976) afirma ser positivo para a aplicação do amido na indústria têxtil, de papel ou na produção de adesivos, pois os grânulos desintegrados liberam seus componentes na suspensão, melhorando seu desempenho nessas aplicações.

Figura 07 - Características viscográficas de amido de castanha européia. B - Influência da concentração de amido.

5.3.9.2. Influência da acidez

A ação de ácidos ocorre sobre o componente ramificado do amido, a amilopectina, sendo a susceptibilidade à degradação ácida inversa à temperatura de gomificação e ao teor de amilose (BILIADERIS et al., 1981b), o que pode ser observado nos resultados nestes experimentos.

A pasta de amido de castanha européia mostra-se resistente à acidez do meio, até pH 4,0, sendo instável, porém, em pH 3,0, onde seu padrão viscográfico muda consideravelmente, diminuindo a temperatura de gomificação, evidenciando pico de viscosidade em temperatura mais baixa e a instabilidade ao cozimento, além de gel final com menor retrogradação (fig.08).

Figura 08 - Características viscográficas de amido de castanha européia. C - Influência do pH do meio.

5.3.10. Resistência aos ciclos de congelamento /descongelamento

O amido de castanha européia mostrou-se similar ao amido de milho em termos de liberação de água frente a ciclos de congelamento/descongelamento. Os resultados mostrados no tabela 14 ilustram esse comportamento.

Tabela 14 - Porcentagem de liberação de água das pastas em decorrência de ciclos de congelamento /descongelamento.

fonte	ciclos			
	1º	2º	3º	4º
castanha	17,8	68,0	-	-
milho	29,3	70,2	-	-
mandioca	0,0	9,7	23,8	27,1

Em apenas dois ciclos de congelamento a pasta de amido de castanha liberou cerca de 70% do seu

conteúdo de água, apresentando-se com um aspecto "esponjoso", à semelhança da pasta de amido de milho, diferindo da de mandioca. O amido de castanha, da mesma forma que o amido de milho, mostra sua limitação sob este aspecto, para emprego em alimentos congelados ou mesmo em alimentos armazenados sob refrigeração.

5.3.11. Susceptibilidade a ação enzimática

A susceptibilidade das pastas de amido à ação enzimática foi estudada com emprego de uma alfa-amilase comercial e com um extrato de farinha de trigo germinado em algumas concentrações.

5.3.11.1. Amilase comercial

A ação de enzimas amilolíticas nas pastas de amido pode ser evidenciada pela diminuição do pico de viscosidade assim como na temperatura em que ocorre a gomificação; aparentemente a atuação enzimática está relacionada à estrutura granular, havendo, em decorrência disso, significativa diferença de comportamento entre amidos de fontes distintas expostos a mesmas enzimas e em mesmas condições de hidrólise. O comportamento dos grânulos de amido de castanha foi similar ao dos grânulos de fécula de mandioca, diferindo do comportamento dos de milho, que sofreram gomificação a temperatura inferior àquela de gomificação usual, o que indica que a atuação enzimática está relacionada ao conjunto de forças responsáveis pela manutenção da integridade granular. Os viscogramas obtidos na presença ou na ausência de enzimas em sistemas contendo amidos de castanha européia, mandioca ou milho são apresentados na Figura 09 (A, B e C respectivamente); a Tabela 15 resume as informações a este respeito.

Figura 09 - Influência da ação de enzimas amilolíticas nas características viscográficas de amidos de castanha europeia (A), de milho (B) e de mandioca (C).

Tabela 15 - Efeito de enzimas amilolíticas na viscosidade do amido de castanha europeia (Termamyl 120L 0,00022%)

Características de temperatura e viscosidade	Castanha		Milho		Mandioca	
	(a)	(b)	(a)	(b)	(a)	(b)
Gomificação, °C	69,5	69,5	81,5	77,5	61,1	60,8
Visc.máxima, UB	630	380	375	260	880	380
Visc. a 95°C, UB	630	260	375	220	545	10

Obs.: a - controle, b - tratamento.

5.3.11.2. Amilases do trigo

A susceptibilidade das pastas a amilases do trigo foi avaliada de forma comparativa, considerando os amidos de milho e de mandioca; o amido de castanha europeia mostrou comportamento intermediário em relação a

estes referenciais. A susceptibilidade do amido de mandioca foi notadamente maior que a do amido de milho, o que pode ser atribuído à maior susceptibilidade da fração amilopectina às amilases (LEACH & SCHOCH, 1961; BADENHUIZEN, 1965; ROSENTHAL et al., 1970; DELPEUCH & FAVIER, 1979; DELPEUCH & FAVIER, 1980). Analisando a temperatura de gomificação, encontramos um padrão similar entre o amido de castanha e o amido de mandioca, nos quais essa temperatura não foi alterada com a hidrólise enzimática. O amido de milho, por sua vez, apresentou alteração significativa nessa temperatura; houve redução, conforme pode ser visto na tabela 16. Esse efeito favorecedor da gomificação em temperaturas mais baixas tem relação com os tipos de ligações que ocorrem nos grânulos; há, pois, entumescimento a menores temperaturas, com conseqüente incremento na viscosidade em menor espaço de tempo.

Tabela 16 - Efeito de amilases do trigo sobre amidos de castanha européia, de milho e de mandioca diferentes concentrações de extratos.

fonte	concentração do extrato(%)	viscosidade máxima (UB)	temperatura °C
castanha	0	545	69,5
	10	330	69,5
	20	95	69,5
	50	5	69,5
milho	0	290	84,5
	10	165	80,8
	50	80	76,3
	100	20	74,8
mandioca	0	900	63,5
	10	100	64,0
	20	0	--

A susceptibilidade do amido de castanha às amilases do trigo tem grande importância quando da sua

utilização em associação com farinha de trigo. A fim de avaliar esse fato, estudou-se também o efeito de extratos de farinha de trigo comercial sobre as pastas de amido de castanha. Não foi detectado porém, efeito amilolítico significativo sobre o amido de castanha, com emprego desse extrato, o que demonstra a compatibilidade do emprego da farinha de castanha em misturas com farinha de trigo (WOSIACKI et al., 1993), sob o aspecto enzimático.

Além da análise viscográfica, a susceptibilidade enzimática também foi estudada através da determinação de açúcares liberados durante a amilólise (tabela 17).

Tabela 17 - Teores de açúcar redutor e de glucose liberados em função de diferentes concentrações de extrato de trigo germinado

fonte	concentração do extrato(%)	açúcar redutor, g/100g	glucose g/100g
castanha	10	0,7	0,03
	30	2,8	0,10
	50	6,1	0,30
	100	11,1	1,00
milho	10	0,6	0,06
	30	2,2	0,20
	50	2,8	0,20
	100	5,0	0,30
mandioca	10	1,0	0,20
	30	3,4	0,40
	50	8,2	--
	100	12,3	1,20

O amido de milho teve a menor taxa de liberação de açúcares, tanto açúcar redutor quanto glucose, enquanto que o amido de castanha mostrou-se similar ao amido de mandioca, com teores de açúcares bem próximos.

5.3.12. Fermentação natural

A fermentação natural constitui uma ferramenta de modificação biológica de amidos de potencial ainda não totalmente estudado. A fécula de mandioca fermentada transforma-se em polvilho azedo, que tem características tecnológicas distintas, sendo insubstituível pela fécula nativa na elaboração de alguns produtos alimentícios, especialmente biscoitos. A avaliação de algumas modificações ocorridas em amido de castanha européia fermentado é efetuada, com base em algumas análises físicas e químicas.

5.3.12.1. Acidez total

O amido fermentado de castanha européia, após 30 dias a temperatura ambiente, apresentou teor de acidez correspondente a 1,8 ml NaOH 0,1N por 5 gramas de amostra, enquanto que o amido nativo apresentou 0,4 ml; houve, portanto, aumento do teor de ácidos orgânicos causado pelo processo fermentativo onde predomina, sob as condições empregadas, o ácido láctico. O amido fermentado de mandioca, cujo extrato aquoso foi usado como inóculo do experimento fermentativo do amido de castanha européia, apresentou teor de acidez correspondente a 5,0 ml de NaOH 0,1 N.

5.3.12.2. Solubilidade e expansão dos grânulos a diferentes temperaturas

O poder de expansão foi menor no amido fermentado, sugerindo ação dos ácidos orgânicos presentes sobre a pasta, o que está de acordo com a literatura referente a amidos modificados por acidez (LEACH et al., 1959; CIACCO & CRUZ, 1982; WURZBURG, 1986), enquanto a

solubilização foi significativamente maior apenas, no entanto, na menor temperatura considerada (tabela 18).

Tabela 18 - Solubilidade e expansão do amido fermentado de castanha européia, em comparação ao similar nativo.

amido	temperatura°C	solubilidade%	expansão,vezes
nativo	60	0,6	3,3
	70	15,9	23,8
	80	23,4	27,2
	90	29,4	34,7
fermentado	60	5,7	4,4
	70	13,1	14,6
	80	25,3	23,3
	90	32,9	23,7

O maior grau de hidrólise do amido fermentado, especialmente a 60°C, sugere a ação dos agentes da fermentação, que supostamente promoveram, através de suas amilases, liberação de poli- e oligossacarídeos dos grânulos de amido. Os compostos liberados, não decantados pela centrifugação empregada, foram determinados quimicamente, e utilizados como indicadores da solubilização do amido.

5.3.12.3. Análise viscosográfica

Na análise viscosográfica do amido fermentado foi observado que o menor poder de expansão dos grânulos reduziu a viscosidade, não modificando, porém, o padrão

viscográfico do amido nativo. Ocorreu, portanto, apenas uma redução na amplitude do amilograma (figura 10).

Figura 10 - Padrão viscográfico do amido fermentado (b) de castanha européia em comparação ao nativo (a).

O amilograma revela a menor capacidade de expansão dos grânulos, relacionada à ação de ácidos orgânicos presentes. O comportamento viscoamilográfico do amido fermentado de castanha em relação ao amido nativo é muito semelhante ao comportamento viscoamilográfico do polvilho azedo quando comparado ao da fécula de mandioca, especialmente em termos de redução de viscosidade da pasta.

6. CONCLUSÕES

A castanha européia apresenta homogeneidade em termos de formas e tamanhos, o que constituem características positivas face às possibilidades de processamento;

A farinha de castanha européia apresenta teores de carboidratos, proteína e lipídios numa proporção de 15,1:1,0:1,0 enquanto que a de mandioca e de milho apresentam, respectivamente, as proporções de 81,0:1,0:0 e 7,7:1,0:0,5;

Os grânulos de amido de castanha européia apresentam-se com formas peculiares, francamente diferentes e menores do que os amidos de mandioca e de milho, e com susceptibilidade à ação enzimática mais próxima à do amido de mandioca; o estudo da ação enzimática sobre a pasta de amido de castanha européia confirma esta susceptibilidade mais semelhante à do amido de mandioca do que do amido de milho;

O amido de castanha européia tem características funcionais próprias. Em termos de expansão, solubilidade, viscoelasticidade, gomificação e retrogradação assemelha-se ao amido de mandioca, podendo, pois, o amido de castanha ser utilizado nos processos industriais que empregam o amido de mandioca; em termos de estabilidade ao cozimento, viscosidade máxima, claridade e força de gel

assemelha-se ao amido de milho, podendo, portanto, o amido de castanha ser utilizado nos processos industriais que empregam o amido de milho;

O emprego da farinha de castanha européia associada à farinha de trigo não apresenta qualquer limitação em termos de compatibilidade dos complexos amilolíticos, podendo, portanto, a farinha de castanha européia ser utilizada em panificação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, W.G. & DAWSON, H.G. Technology and uses of debranching enzymes. Food Technology, Chicago, 29(5):70-80, May 1975.

ALMEIDA, J.R. de & VALSECHI, O. Fermentação da castanha. Revista da Agricultura, Piracicaba, 27(5-6):141-7, 1952.

AACC - AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. Cereal Laboratory Methods. 7.ed., Minnesota : AACC, 1962.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis. 10.ed. Washington : AOAC, 1965.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. Official Methods of Analysis. Alpha amylase in flour, meal and malted cereals. Falling number (FN) determination method. Washington : AOAC, 1990.

BADENHUIZEN, N.P. Occurrence and development of starch in plants. In: WHISTLER, R.L. & PASCHALL, E.F. eds. Starch: chemistry and technology. New York : Academic Press, 1965. p. 65-103.

BALLS, A.K. & SCHWIMMER, S. Digestion of raw starch. *The Journal of Biological Chemistry*, Baltimore, 156(1):203-210, 1944.

BATES, F.L.; FRENCH, D.; RUNDLE, R.E. Amylose and amylopectin content of starches determined by their iodine complex formation. *Journal of the American Chemical Society*, Easton, 65(1):142-8, 1943.

BERGOUIGNOUX, F.A. *Le Châtaignier: Production et Culture*. [s.l.], Comité National Interprofessionnel de la Chataigne et du Marron Nîmes, 1978. 192p.

BILIADERIS, C.G.; GRANT, D.R.; VOSE, J.R. Structural characterization of legume starches. I. Studies on amylase, amylopectin and beta-limits dextrins. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 58(6):496-02, 1981a.

BILIADERIS, C.G.; GRANT, D.R.; VOSE, J.R. Structural characterization of legume starches. II. Studies on acid-treated starches. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 58(6):502-07, 1981b.

BROUK, B. *Plants Consumed by Man*. London : Academic Press, 1975. 479p.

BURNETT,M. Chestnut Culture and Industry in China and Korea. In: BURNETT,M. & WALLACE,R.D. (eds.). Chestnuts and Creating a Commercial Chestnut Industry. Proceedings of the 2nd Pacific Northwest Chestnut Congress. Portland, 1987. p. 79-86.

CAMARGO,C.; COLONNA,P.; BULEON,A.; RICHARD-MOLARD, D. Functional properties of sour cassava (*Manihot utilissima*) starch: polvilho azedo. Journal of Food and Agricultural Science, London, 45(3):273-89, 1988.

CAMARGO,R. de; FONSECA,H.; GRANER,M. et al. Tecnologia dos produtos agropecuários - alimentos. São Paulo : Nobel, 1984. 284p.

CEREDA,M.P. & WOSIACKI,G. Characterization of pinhão starch. Part II - Rheological properties of the pastes. Starch/Stärke, Weinheim, 37(12):404-07, 1985.

CHANG,S.N.; TSENG,S.L.; LII,C. Isolation and characterization of the starch from *Mirabilis jalapa*, L. Annual Meeting - IFT, 42. Las Vegas, 1982.

CIACCO, F.C. & CRUZ, R. Fabricação de amido e sua utilização. São Paulo, Governo do Estado, Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, Coordenadoria da Indústria e Comércio, 1982. (Tecnologia Agroindustrial, 07)

DELPEUCH, F. & FAVIER, J.C. Etude de quelques propriétés physico-chimiques de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Cameroun. Cahiers de l'ONAREST, [s.l.], 2(3):53-82, 1979.

DELPEUCH, F. & FAVIER, J.C. Caractéristiques des amidons des plantes alimentaires tropicales: action de l'alphamylase, gonflement et solubilité. Ann. Technologie Agricole, Versailles, 29(1):53-67, 1980.

DUBOIS, M.M. Colorimetric methods for determination of sugars and related compounds. Analytical Chemistry, Washington, 28(3):350-6, 1956.

EMBUN, J.X. El Castaño. Hojas Divulgadoras, Madrid, n.23-24, dezembro 1961.

FOSTER, J.F. Amylose and amylopectin properties in solution. In: WHISTLER, R.L. & PASCHAL, E.F. eds. Starch: chemistry and technology. New York, Academic Press, 1965. p.381-391.

GALLANT,D.J. & STERLING,C. Electron microscopy of starch and starch products. In: RADLEY,J.A. (ed.). Examination and analysis of starch and starch products. London : Applied Science Publishers, 1976. p.33-60.

GIACOMETTO,A.P. Amido de cará-de-rama (*Dioscorea bulbifera*,L.): propriedades dos grânulos e das pastas. Londrina, 1984. (Dissertação de mestrado. Universidade Estadual de Londrina).

GIACOMETTO,A.P.; WOSIACKI,G.; CEREDA,M.P. A farinha de cará de rama (*Dioscorea bulbifera*,L.). I - Produção e composição química. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, 29(4):651-60, 1986.

GIACOMETTO,A.P.; WOSIACKI,G.; CEREDA,M.P. A farinha de cará de rama (*Dioscorea bulbifera*,L.). II - Propriedades dos grânulos de amido. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, 30(2):317-25, 1987a.

GIACOMETTO,A.P.; WOSIACKI,G.; CEREDA,M.P. A farinha de cará de rama (*Dioscorea bulbifera*,L.). III - Propriedades reológicas das pastas de amido. Arquivos de Biologia e Tecnologia, Curitiba, 30(3):463-79, 1987b.

GOERING, K.J. & BRELSFORD, D.L. Barley starch. II. Some properties of barley starch. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 42(1):15-24, 1965.

GROSSMANN, M.V.E.; EL-DASH, A.A.; CARVALHO, J.F. Extrusion cooking of cassava starch for ethanol production. *Starch/Stärke*, Weinheim, 40(8):303-7, 1988.

HADORN, H. Study and Evaluation of Chestnuts, Chestnut Puree and Chestnut Puree Shapes. *Mitteilungen aus dem Gebiete der Lebensmitteluntersuchung und Hygiene*, Basel (Switzerland), 64(4):443-58, 1973. *Apud Food Science and Technology Abstracts*, Wallingford, 6(7), 1974. (Resumo)

HIZUKURI, S.; FUJI, M.; NIKUNI, Z. Studies on starch of soybean seedlings. *Die Stärke*, Weinheim, 17(2):41-3, 1965.

HOOD, L.F. & MERCIER, C. Molecular structure of unmodified and chemically modified manioc starches. *Carbohydrate Research*, Amsterdam, 61:53-66, 1978.

HULL, G.A. & SCHOCH, T.J. Molecular association in starch films. *Technical Association of the Pulp and Paper Industry*, New York, 42(6):438-45, 1959.

IZQUIERDO, A.J. El Castaño Arbol Frutal. Hojas
Divulgadoras, Madrid, n.23-24, 1978.

KITE, F.E.; MAYWALD, E.C.; SCHOCH, T.J. Funktionelle
Eigenschaften von Lebensmittelstaerken. Starch/Stärke,
Weinheim, 15:131-8, 1963.

KNEEN, E. The amylases. Properties and production. In:
KERR, R.W. Chemistry and industry of starch. Starch
sugars and related compounds. New York :
Academic Press, 1944. p. 289-313.

LANSKY, S.; KOOI, M.; SCHOCH, T.J. Properties of the
fractions and linear subfractions from various
starches. Journal of the American Chemical Society,
71:4066-75, Dec. 1949.

LEACH, H.W.; MCCOWEN, L.D.; SCHOCH, T.J. Struture of the
starch granules. I - Swelling and solubility pattern of
various starches. Cereal Chemistry, Saint Paul,
36(6):533-44, 1959.

LEACH, H.W. & SCHOCH, T.J. Structure of the starch granule.
II. Action of various amylases on granular starches.
Cereal Chemistry, Saint Paul, 38(1):34-46, 1961.

LEACH, H.W. & SCHOCH, T.J. Structure of the starch granule.
 III - Solubilities of granular starches in
 dimethylsulfoxide. *Cereal Chemistry*, Saint Paul,
 39(7):318-27, 1962.

LES ARBRES. Essences diverses, inflorescence,
 frutification. Paris : Arnaud, 1990. (Images
 Encyclopédie, 112)

LII, C.Y. & LINEBACK, D.R. Characterization and comparison
 of cereal starches. *Cereal Chemistry*, Saint Paul,
 54(1):138-49, 1977.

LII, C.Y.; CHANG, S.N.; YOUNG, Y.L. Investigation of the
 physical and chemical properties of banana starches.
Journal of Food Science, Chicago, 45(5):1493-7, 1982.

LYNE, F.A. Chemical Analysis of raw and modified starches.
 In: RADLEY, J.A. Examination and analysis of starch and
 starch products. London : Applied Science Publishers,
 1976. p.133-188.

MALVOLTI, M.E. & FINESCHI, S. Analysis of enzyme systems
 in chestnut (*Castanea sativa*, Mill). *Genetica Agraria*,
 [s.l.], 41(3):243-55, 1987. Apud Plant Breeding
 Abstracts, Wallingford, [s.n.t.], 1988. (Resumo)

MATHEWSON, P.R. & POMERANZ, Y. A research note on the relationship between alpha-amylase and falling number in wheat. *Journal of Food Science*, Chicago, 43(2):652-3, 1978.

MAZURS, E.G.; SCHOCH, T.J.; KITE, F.E. Graphical analysis of the Brabender viscosity curves of various starches. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 34(3):141-52, 1957.

McCARTER, S.M.; KAYS, S.J.; PAYNE, J.A.; SHOKES, F.M. Influence of Oxygen Concentrations on Chinese Chestnuts and their Spoilage organisms. *Plant Disease*, [s.l.], 64:471-75, 1980.

McCARTHY, M.A. & MEREDITH, F.I. Nutrient Data on Chestnuts Consumed in the United States. *Economic Botany*, New York, 42(1):29-36, 1988.

MEDCALF, D.G. & GILLES, K.A. Wheat starches. I - Comparison of physico-chemical properties. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 42(6):558-68, 1965.

MEREDITH, F.I.; MCCARTHY, M.A.; LEFFLER, R. Aminoacid Concentrations and Comparison of Different Hydrolysis Procedures for American and Foreign Chestnuts. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, Washington, 36(6):1172-5, 1988.

MICIC,N.; CORDAS,D.; BALIC,D. Characteristics of the fruit in some types of cultivated european chestnut. Jugoslovensko - Vovcarstvo, Sarajevo, 21(4), 1987. Apud Plant Breeding Abstracts, Wallingford, [s.n.t.], 1989. (Resumo)

MILLER,G. Pre- and Post-harvest Changes in Chinese Chestnuts: Implications for Mechanical Harvest and Storage. 78th Annual Report of the Northern Nut Growers Association, [s.l.], 1987. p.81-85.

MORRISON,W.R. & LAIGNELET,B. An improved colorimetric procedure for determining apparent and total amylose in cereal and other starches. Journal of Cereal Science, London, 1:9-20, 1983.

MOSS, G.E. The microscopy of starch. In: RADLEY, J.A. (ed.). Examination and analysis of starch products. London : Applied Science Publishers, 1976. p. 1-32.

NAIVIKUL, O. & D'APPOLONIA, B.L. Carbohydrates of legume flours compared with wheat flour. II. Starch. Cereal Chemistry, Saint Paul, 56(1):24-8, 1979.

NORMAS ANALÍTICAS DO INSTITUTO "ADOLFO LUTZ". Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. São Paulo : IAL, 1969.

NOVO INDUSTRI. Enzymes Division. Manioc and energy policy.

In: NOVO INDUSTRI ANNUAL REPORT, 1976. p.10-16.

OSMAN, E.M. Interaction of starch with other components of food systems. Food Technology, Chicago, 4(1):30-44, 1975.

PASCHALL, E.F. & ARONS, H.L. Functional behaviour of carbohydrates in foods. In: SYMPOSIUM ON FATS AND CARBOHYDRATES & PROCESSED FOODS. Chicago, October 1973.

PARAMAHANS, S.V.; WANKHEDE, D.B.; THARANATHAN, R.N. Studies on varagu starch. Starch/Stärke, Weinheim, 32(4):109-12, 1980.

PAZUR, J.H. Enzymes in synthesis and hydrolysis of starch. In: WHISTLER, R.L. & PASCHALL, E.F. (eds.). Starch: chemistry and technology. New York : Academic Press, 1965. p. 133-171.

PLUMMER, D.T. An introduction to practical biochemistry. London : McGraw-Hill, 1971. p.93-123.

RADLEY, J.A. Physico-chemical methods of characterizing starch. In: RADLEY, J.A. (ed.). Examination and analysis of starch and starch products. London : Applied Science Publishers, 1976. p.91-132.

RASPER,V. Investigations on starches from major starch crops grown in Ghana III. Particle size and particle size distribution. *Journal of Science and Food Agriculture*, Washington, v.22, n.11, 1971. p.572-580.

RINGLUND,K. Differences in falling number at constant alpha-amylase activity. In: KRUGER,J.E. & La BERGE,D.E. (eds.). *Third International Symposium on pre-harvest sprouting in cereals*. Boulder : Westview Press, 1983. p. 111-118. Apud *Field Crops Abstracts*, Wallingford, [s.n.t], 1984. (Resumo)

ROPER,H. & KOCH,H. The role of starch in biodegradable thermoplastic materials. *Starch/Stärke*, Weinheim, 42(4):123-30, 1990.

ROSENTHAL,F.R.T. & ESPINDOLA,L. The *Mucuna* (*Dioclea malocarpa*). *Die Stärke*, Weinheim, 21(10):262-6, 1969.

ROSENTHAL,F.R.T.; OLIVEIRA,S.M.G. de; ARAÚJO,V.M.R.H. de; SERAPIÃO,M.I.S. Guandu bean starch. I. Properties of the granules and of the pastes. *Anais da Academia Brasileira de Ciência*, Rio de Janeiro, 42(4):695-1, 1970.

ROSENTHAL, F.R.T.; ESPINDOLA, L.; SERAPIÃO, M.I.S.;
SILVA, S.M.O. Lablab bean starch. I. Properties of
its granules and pastes. Die Stärke, Weinheim,
23(1):18-23, 1971. p.18-23.

ROSENTHAL, F.R.T.; BARBOSA, C.M.; MELLO, A.P.; SILVA, S.M.D.
Amidos de mandioca. I - Características dos grânulos de
onze variedades procedentes do Estado de Minas Gerais.
Anais da Academia Brasileira de Ciências, Rio de
Janeiro, 44(1):55-62, 1972.

ROSENTHAL, F.R.T. & NAKAMURA, T. Studies on the structure of
leguminosae starches. I. Solubility in dimetilsulfoxide
and by enzymatic action. Die Stärke, Weinheim,
24(5):152-8, 1972.

RUTTER, P.A.; MILLER, G.; PAYNE, J.A. Chestnuts (*Castanea*).
Genetic Resources of Temperate Fruit and Nut Crops.
Acta Horticulturae, Wageningen, 290:761-85, 1991.

RUTTER, P.A. Reducing Earth's "Greenhouse" CO₂ through
Shifting Staples Production to Woody Plants.
Proceedings of the 2nd North American Conference on
Preparing for Climate Change, Washington, 1989.
p.208-213.

- SANDERSON, G.R. Polysaccharides in foods. *Food Technology*, Chicago, 35(7):50-83, 1981.
- SANDSTEDT, R.M. & MATTERN, P.J. Damaged starch. Quantitative determination in flour. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 37(3):379-90, 1960.
- SATHE, S.K.; RANGNEKAR, P.O.; DESHPANDE, S.S. SALUNKHE, D.K. Isolation and partial characterization of black gram (*Phaseolus mungo*, L.) starch. *Journal of Food Science*, Chicago, 47(5):1524-7, 1983.
- SCHOCH, T.J. Iodometric determination of amylose. In: WHISTLER, R.L. (ed.). *Methods in carbohydrate chemistry*, v.4, New York: Academic Press, 1954. p.157.
- SCHOCH, T.J. & MAYWALD, E.C. Microscopic examination of modified starches. *Analytical Chemistry*, Washington, 28:382-7, 1956.
- SCHOCH, T.J. & MAYWALD, E.C. Preparation and Properties of Various Legume Starches. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 45(6):564-73, 1968.
- SINGHAL, R.S. & KULKARNI, P.R. Some properties of *Amaranthus paniculatus* (Rajgeera) starch pastes. *Starch/Stärke*, Weinheim, 42(1):5-7, 1990.

TAKEDA,C.; TAKEDA,Y.; HIZUKURI,S. Physicochemical properties of lily starch. Cereal Chemistry, Saint Paul, 60(3):212-6, 1983.

TROYAN,A.V.; BORUKH,N.F.; YATSYKEVICH,K.Y.; ZADOROZHNYI,I.M. Edible chestnuts; a valuable material for use in food industry. Investiya Vyrshikh Uchebnykh Zavedenii, Moscow, 3, 1971. Apud Food Science and Technology Abstracts, Wallingford, 4(6):107, 1972.
(Resumo)

TRUBELL,O.R. Occurence and varieties of starch. In: KERR,R.W. Chemistry and industry of starch. Starch sugars and related compounds. New York : Academic Press, 1944. p.1-9.

UENO Seiyaku Oyokenkyusho. Chestnut peeling, Patente Industrial (Japão), n.42934/71, 1971. Apud Food Science and Technology Abstracts, Wallingford, 4(6):107, 1972.
(Resumo)

VIJAYAGOPAL, K.; BALAGOPALAN, C.; MOORTHY, S.N. Gelatinization and liquefaction of cassava flour: effect of temperature, substrate and enzyme concentrations. Starch/Stärke, Weinheim, 40(8):300-2, 1988.

WELLS, J.M. & PAYNE, J.A. Mycoflora and Market Quality of Chestnuts Treated with Hot Water to Control the Chestnut Weevil. *Plant Disease*, [s.l.], 11(64):999-1001, 1980.

WHISTLER, R.L. & PASCHALL, E.F. *Starch: chemistry and technology*. New York : Academic Press, 1965.

WILLIAMS, P.C.; HUZINA, F.D.; HLYNKA, I. A rapid colorimetric procedure for estimating amylose content of starches and flours. *Cereal Chemistry*, Saint Paul, 47(4):411-21, 1970.

WILLIGEN, A.H.A. The rheology of starch. In: RADLEY, J.A. (ed.). *Examination and analysis of starch and starch products*. London : Applied Science Publishers, 1976. p. 61-89.

WOELK, H.U. von. Stärke als Chemierohstoff - Möglichkeiten und Grenzen. *Starch/Stärke*, Weinheim, 33(12):397-408, 1981.

WOLFF, I.A.; GUNDRUM, L.J.; RIST, C.E. A simplified procedure for the characterization of starch fraction by viscosity and iodine sorption. *Journal of the American Chemical Society*, Easton, 72(11):5188-91, 1950.

WOODROOF, F.G. Tree nuts: production, processing, products.

Westport : AVI, 1967. 2v.

WOSIACKI, G. & CEREDA, M.P. Characterization of Pinhão Starch. Part I. Extraction and Properties of the Starch Granules. *Starch/Stärke*, Weinheim, 37(7):224-7, 1985.

WOSIACKI, G. & CEREDA, M.P. Characterization of pinhão starch. Part III - Hydration of the granules and susceptibility to enzymatic hydrolysis. *Starch/Stärke*, Weinheim, 41(9):327-30, 1989.

WOSIACKI, G.; CEREDA, M.P.; KHATOUNIAN, C.A.; FIGUEIREDO, B.; CARLOS, M.A. Cará de rama (*Dioscorea bulbifera*, L.). Avaliação química de três tipos cultivados. *Alimentos & Tecnologia*, São Paulo, 3(24):61-4, 1989.

WOSIACKI, G.; DEMIATE, I.M.; LOURES, M.R.; VOLACO, A.D. A elaboração de produtos alimentícios a partir de farinha de castanha européia. *Alimentos & Tecnologia*, São Paulo, 9(48):98-100, 1993.

WURZBURG, M.S. (ed.) *Modified starches: properties and uses*. Boca Raton : CRC Press, 1986. 277 p.