

Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"
Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição

LAN 2444 – PÓS-COLHEITA E PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS VEGETAIS

TECNOLOGIA DE PRODUTOS AMILÁCEOS

MILHO E MANDIOCA

Profª Silene Bruder Silveira Sarmento

Piracicaba – SP
2013

1. INTRODUÇÃO

O amido é um carboidrato abundante na natureza. São considerados vegetais amiláceos os cereais, que acumulam este polímero nos grãos e as raízes e tubérculos, que o acumulam em estruturas subterrâneas. Algumas leguminosas como a ervilha, lentilha e o grão de bico também acumulam este polissacarídeo em quantidades consideráveis.

O processamento dos cereais em diversos produtos derivados como farinhas, flocos, produtos de extrusão, amido e outros, já foi bastante estudado. Já o processamento das raízes e tubérculos, principalmente os de origem tropical, para obtenção de derivados foi pouco explorado.

São consideradas matérias primas amiláceas os vegetais que apresentam amido como um dos principais elementos de sua composição. Exemplos desses vegetais são os **cereais** como o milho, arroz, trigo, centeio, sorgo e as **raízes e tubérculos** como a batata inglesa, mandioca, batata doce, cará e inhame.

Dentre os produtos amiláceos considerados de grande importância estão o **milho** e a **mandioca**. O **milho** é um cereal que disputa com o trigo e arroz as primeiras posições na produção mundial de grãos. A **mandioca** constitui uma das principais culturas alimentícias do Brasil em termos de volume de produção, tendo grande importância para o povo, sob o aspecto econômico e social. Ambas as culturas são utilizadas como matéria prima para extração de amido, além de apresentarem diversidade ampla de uso, podendo ser destinados ao consumo direto na alimentação humana e animal ou como matéria-prima para geração de inúmeros derivados alimentícios e industriais.

A industrialização de matérias primas constitui boa alternativa para se adicionar valor às culturas. Tal fato pode proporcionar maior retorno financeiro aos produtores e gerar mais empregos. Além disto, o processamento é um meio de reduzir as perdas pós-colheita.

Antes de considerar o processamento do milho e da mandioca é preciso definir o que é amido, diferenciar os termos amido, fécula e polvilho e ainda conhecer algumas de suas propriedades.

1.1. Definição de amido

Amido é um carboidrato complexo presente nos vegetais superiores, formado por açúcares simples, as unidades de α -D-glicose. Na maioria dos países, existe apenas o termo AMIDO. O Brasil e a França, entretanto, utilizam os termos técnicos amido e fécula. Pela Legislação Brasileira (1978) **amido** era o produto amiláceo

extraído de partes aéreas comestíveis de vegetais (sementes, frutos, caules, etc) e **fécua** o produto amiláceo extraído de partes subterrâneas comestíveis de vegetais (raízes, rizomas, tubérculos...). O termo **polvilho** era considerado sinônimo de fécula de mandioca. A Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, entretanto, aprovou o "Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos". Nesta, amidos são os produtos amiláceos extraídos de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizomas. Os amidos extraídos de tubérculos, raízes e rizomas podem ser designados de fécula também. Denominações consagradas pelo uso como polvilho azedo, também são permitidas. Os termos podem ser acrescidos de expressões relativas ao ingrediente que caracteriza o produto, processo de obtenção, forma de apresentação, finalidade de uso e ou característica específica.

1.2. Propriedades do amido

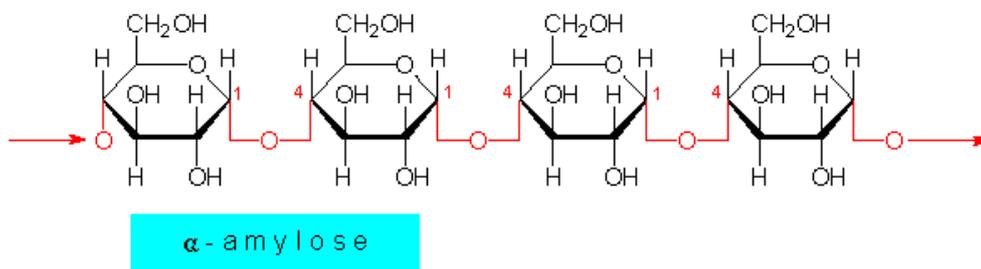
O **amido**, se extraído com tecnologia adequada, tem composição semelhante, qualquer que seja a origem botânica. O que faz diferir os amidos, dando-lhes características próprias e definindo sua utilização industrial são: tamanho do grânulo, teor de amilose/ amilopectina e propriedades funcionais.

Os grânulos de amido são formados pelos polímeros amilose e amilopectina (Figura 1), em proporções variáveis, conforme a fonte vegetal (Tabela 1). Na maioria dos amidos a macromolécula predominante é a amilopectina.

Os polímeros apresentam características distintas. A amilose é formada por unidades de glicose, unidas por ligações do tipo α 1, 4, dando um polímero linear. A amilopectina é formada por unidades de glicose unidas por ligações glicosídicas dos tipos α 1, 4 e α 1, 6, dando um polímero de estrutura ramificada, de maior peso molecular que a amilose. A amilose se enovela formando um helicóide em meio aquoso, capaz de complexar o iodo, dando coloração azulada. Este teste é usado para detecção da presença de amido.

Nos amiloplastos das células vegetais os polímeros amilose e amilopectina são depositados, formando grânulos, que apresentam regiões cristalinas e regiões amorfas. Esse arranjo estrutural faz com que estes grânulos apresentem birrefringência ao microscópio de luz polarizada.

A)



B)

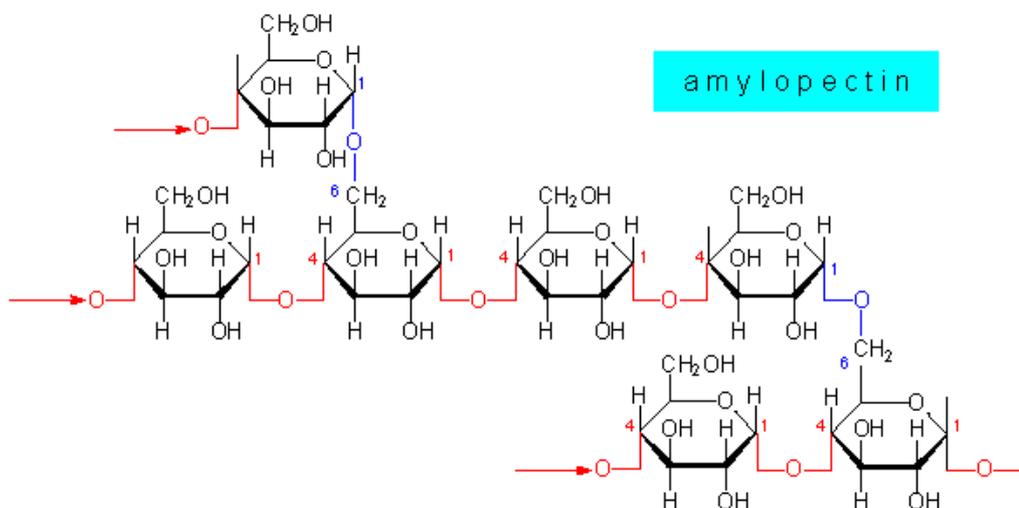


Figura 1. Estrutura da amilose (A) e da amilopectina (B).

Tabela 1. Conteúdo (%) de amilose em amidos de diversas fontes

Fontes	Teor de amilose
Batata	18
Mandioca	18
Ervilha	30
Arroz	16
Trigo	24
Milho	25
Milho ceroso	0
Milho com alto teor de amilose	80

Fonte: Bobbio & Bobbio (1985)

Os amidos apresentam diversas propriedades, que permitem o seu uso em diversos setores industriais. Algumas destas propriedades estão esquematizadas nas Figuras 2 e 3 e serão descritas a seguir.



Figura 2. Propriedades do amido

O amido colocado em presença de água e sob agitação resulta em uma **suspensão** leitosa, opaca. Sob repouso os grânulos de amido desta suspensão decantam, pois são **insolúveis** em água. Este princípio é importante no processo de obtenção e purificação industrial do amido.

Quando submetidos a um processo hidrotérmico os grânulos de amido começam a absorver água, aumentando de tamanho e com isto, perdem a cristalinidade. Este aumento de tamanho dos grânulos leva a uma elevação da **viscosidade** do meio, que vai ficando também transparente. É o fenômeno da gomificação ou gelatinização do amido. Caso o aquecimento prossiga, pode haver rompimento dos grânulos, o que reduz um pouco a viscosidade. A **pasta** formada, após o resfriamento ou o repouso, tende a formar um **gel**.

A viscosidade pode ser definida como a medida da resistência do fluido ao fluxo, propriedade grandemente explorada pela indústria para trabalhar a textura dos alimentos.

Outra propriedade importante do amido é sua suscetibilidade à **hidrólise**. A hidrólise implica em rompimentos das ligações entre os glucosídeos, gerando cadeias menores ou até os monômeros constituintes (Amido - Dextrina - Maltose - Glicose). Esta

quebra se dá mediante a ação de ácidos ou enzimas. Os ácidos quebram a molécula ao acaso e as enzimas são específicas quanto ao seu modo de atuação.

Todos os produtos da hidrólise (intermediários e final) apresentam propriedades distintas e úteis em diversos setores alimentícios.



Figura 3 . Hidrólise do amido.

O amido pode também passar por processos de modificações físicas e químicas, sendo então denominados **amidos modificados**. Estes amidos apresentam propriedades diferentes daquelas do amido natural.

1.3. Mercados para o amido

No mundo, o setor alimentar é o principal consumidor de amido, tanto nas suas formas nativas, como modificadas ou hidrolisadas. O amido pode ser utilizado na produção de achocolatados, pó para pudins, biscoitos, pães, fermento, macarrão, balas, gomas, doces em pasta, compotas, sorvetes, refrigerantes, sopas, embutidos, cervejas, produtos "light" (substitutos de matéria graxa).

Além da indústria de alimentos, o amido tem sido utilizado pelas indústrias de papel, têxteis, produtos químicos e farmacêuticos, mineração, indústria da borracha, de adesivos, de ligas para cerâmicas e outras.

2. PROCESSAMENTO DO MILHO

2.1. Introdução

O **milho** é um cereal nobre, sendo o segundo mais produzido no mundo, depois do trigo. Esta cultura é utilizada como matéria prima para extração de amido, além de apresentar diversidade ampla de uso, podendo ser destinada ao consumo direto na alimentação humana e animal ou como matéria-prima para geração de inúmeros derivados alimentícios e industriais.

Na alimentação humana os grãos de milho podem ser consumidos nos estados verde ou maduro. No estado **verde** podem ser processados industrialmente em produtos como os enlatados em conserva, congelados e desidratados. O processamento nestes casos são os mesmos, em princípio, aos aplicados às hortaliças. Quando **maduros** podem ser processados em diversos produtos, tradicionais ou modernos como o fubá, canjica, farinha, flocos, "snacks", cereais matinais, óleo, amido. O amido, por sua vez, pode gerar outros tantos produtos de importância como xaropes de glicose, de maltose e de frutose, dextrinas, ciclodextrinas, polióis, ácidos orgânicos, etanol, etc.

A industrialização de matérias primas constitui boa alternativa para se adicionar valor às culturas. Tal fato pode proporcionar maior retorno financeiro aos produtores e gerar mais empregos. Além disto, o processamento é um meio de reduzir as perdas pós-colheita.

Sob o ponto de vista de processamento industrial, o grão de milho pode ser dividido em 3 partes:

a) **pericarpo ou casca**- rico em fibras

b) **endocarpo**- rico em amido, contendo duas regiões mais ou menos distintas. Mais externamente, próxima a camada de aleurona, uma região mais translúcida, onde encontra-se amido associado à proteína, e mais internamente, uma região esbranquiçada, onde existe basicamente amido.

c) **germe ou embrião**- constituído de lipídeos e proteínas.

Quanto à composição dos grãos, o milho apresenta em média 72% de amido, 12% de umidade, 8,8% de proteína, 3,8% de lipídeos, 2,0% de fibra e 1,4% de cinzas. O amido é o principal constituinte, sendo, portanto, de natureza altamente energética. As proteínas são deficientes em lisina e triptofano, muito embora existam variedades de melhor qualidade protéica.

Os grãos de milho podem existir na coloração amarela, branca ou avermelhada. O amarelo é devido ao β -caroteno, nutriente considerado de importância por ser precursor da vitamina A.

O milho maduro e seco, por causa de seu baixo teor de umidade, é de fácil conservação, podendo ser armazenados nas fábricas, em armazéns ou silos, por cerca de 12 meses. Esta é uma das grandes vantagens do milho como matéria-prima industrial, ou seja, não é limitada por um abastecimento sazonal. Como não perde a qualidade com armazenamento e transporte, pode também ser industrializado em qualquer região, mesmo que não seja a produtora.

2.2. Caracterização dos processos de moagem do milho

A industrialização do milho em grão origina uma série de produtos e ingredientes destinados aos mais variados segmentos industriais. A obtenção desses produtos é feita basicamente por dois tipos de processamento: moagem por via úmida e moagem por via seca.

2.2.1. Moagem por via seca (“dry milling”)

A indústria de derivados de **milho seco** é constituída por um grande número de pequenas instalações que trabalham numa faixa econômica modesta (relativamente às grandes empresas). Existem, entretanto, moinhos mais modernos e grandes, com boa automação.

O processo industrial consiste, basicamente, em limpeza, degerminação, moagem e separação dos componentes do grão de milho, que são os gritz e o germe (Figura 4).

O **gritz** representa cerca de 70% do volume de milho processado, sendo vendido na área industrial, mas principalmente no segmento consumidor, na forma de fubá, sêmola, creme de milho e canjica. O gritz de milho é a matéria-prima para o processo de fermentação de cervejas e outras bebidas.

Canjica é a semente de milho desprovida da película e do embrião (germe). Pode ser feita de milho branco ou amarelo.

A canjica é feita com o milho limpo, pois a qualidade do produto final é função da qualidade da matéria-prima. A limpeza se dá por peneiras, que separam por diferença de tamanho, ventiladores, que separam por diferença de peso, e dispositivos magnéticos para retirada de impurezas metálicas. Passam em seguida por desgerminadores ou canjiqueiras, que possuem um cilindro metálico de fundo perfurado, atravessado por um eixo com facas radiais, que giram em planos verticais diferentes, friccionando os grãos uns contra os outros. Fazem simultaneamente o despeliculamento (por atrito) e a degerminação (por prensagem). Estes podem ser contínuo ou intermitentes. O primeiro é usado em

indústrias maiores, com bons resultados; são de fácil manejo, entretanto, resultam em produto bastante fragmentado. O teor de umidade do grão é importante nesta operação porque quando muito abaixo de 14%, fica difícil de degerminar sem perder endosperma. O produto passa a seguir por um brunidor, com as finalidades de eliminar pó e resíduos aderidos.

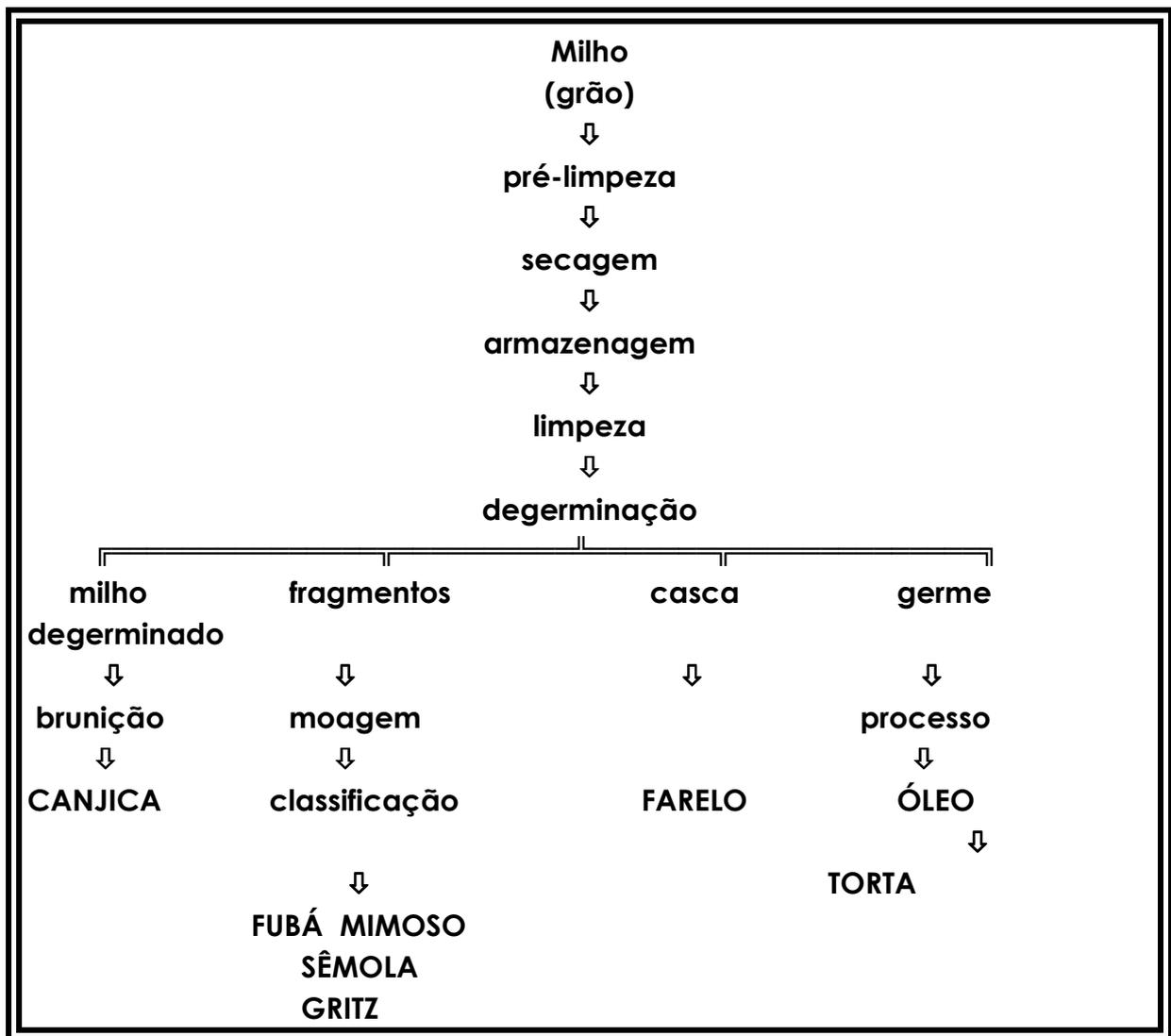


Figura 4. Processo de moagem do milho pela via seca.

No processo de moagem do endosperma, o produto é peneirado para definir granulação, que é variável. **Fubá** é o produto resultante da moagem do grão integral de milho (fubá comum) ou da canjica (fubá mimoso). O produto tem sido tradicionalmente obtido a partir do milho degerminado, pois embora de valor

nutricional menor, este apresenta menor teor de matéria-graxa, que produz alterações durante a estocagem e apresenta granulação mais fina. A **sêmola** é o material moído que apresenta partículas maiores e é utilizada para elaboração de polenta, arepa (bolo de sêmola branca).

O fubá de milho branco, produzido a partir da canjica pode ser adicionado à farinha de trigo para uso em panificação, em até 20%, sem que haja influência negativa sobre as características físicas do pão. Um exemplo de milho usado para panificação o milho opaco 2 pré-gelatinizado.

Versões mais modernas destes produtos são os pré-cozidos. Ex.: polenta instantânea, flocos de milho.

O **germe** é processado via extração por solvente gerando o óleo e a torta residual, que apresenta alto teor de amido (45 a 60%), máximo de 12% de proteína, em função da menor eficiência na separação dos componentes do grão, característica da moagem a seco. Tem composição nutricional semelhante ao milho em grão, sendo destinado em grande parte ao mercado externo.

2.2.2. Moagem via úmida (“wet milling”)

A moagem por via úmida é mais complexa do ponto de vista tecnológico do que a via seca, onde a porção amido é separada do restante do grão mecanicamente. Na via úmida, os principais componentes do grão, ou seja: proteína, casca e germe, além do próprio amido, são separados com maior eficiência, originando produtos de melhor pureza e qualidade.

A moagem via úmida envolve a etapa de maceração dos grãos de milho, realizada em maceradores, onde recebem água sulfitada aquecida, o que promove assepsia e auxilia o amolecimento dos grãos.

A maceração ocorre em grandes tanques de aço inox, concreto ou fibra de vidro. O milho é embebido em água quente (50-60°C) por 30 a 50 horas com as finalidades de amaciar o grão e extrair a maioria dos carboidratos minerais e proteínas solúveis. A água contém SO₂ (na proporção de 0,25 a 0,30%), que evita o desenvolvimento microbiano, provoca o inchamento e ruptura da matriz protéica que, envolve o grânulo de amido no endosperma e contribui para o endurecimento do embrião, o que facilita sua separação.

O SO₂ gasoso pode ser borbulhado ou ser adicionado na forma de bissulfito de sódio, metabissulfito ou por adição de SO₂ líquido, na água de maceração.

A água de maceração após separação dos grãos pode ser recuperada. A água é concentrada (baratear e facilitar o transporte) por processo de evaporação

e vendida para uso como nutriente para processos fermentativos ou pode ser adicionada a algumas rações para aumento do nível protéico.

Um produto obtido via moagem úmida e que requer tecnologia mais simples e menor investimento é a **farinha de milho** (Figura 5). Esta é, normalmente, produzida nas mesmas instalações para milho seco.

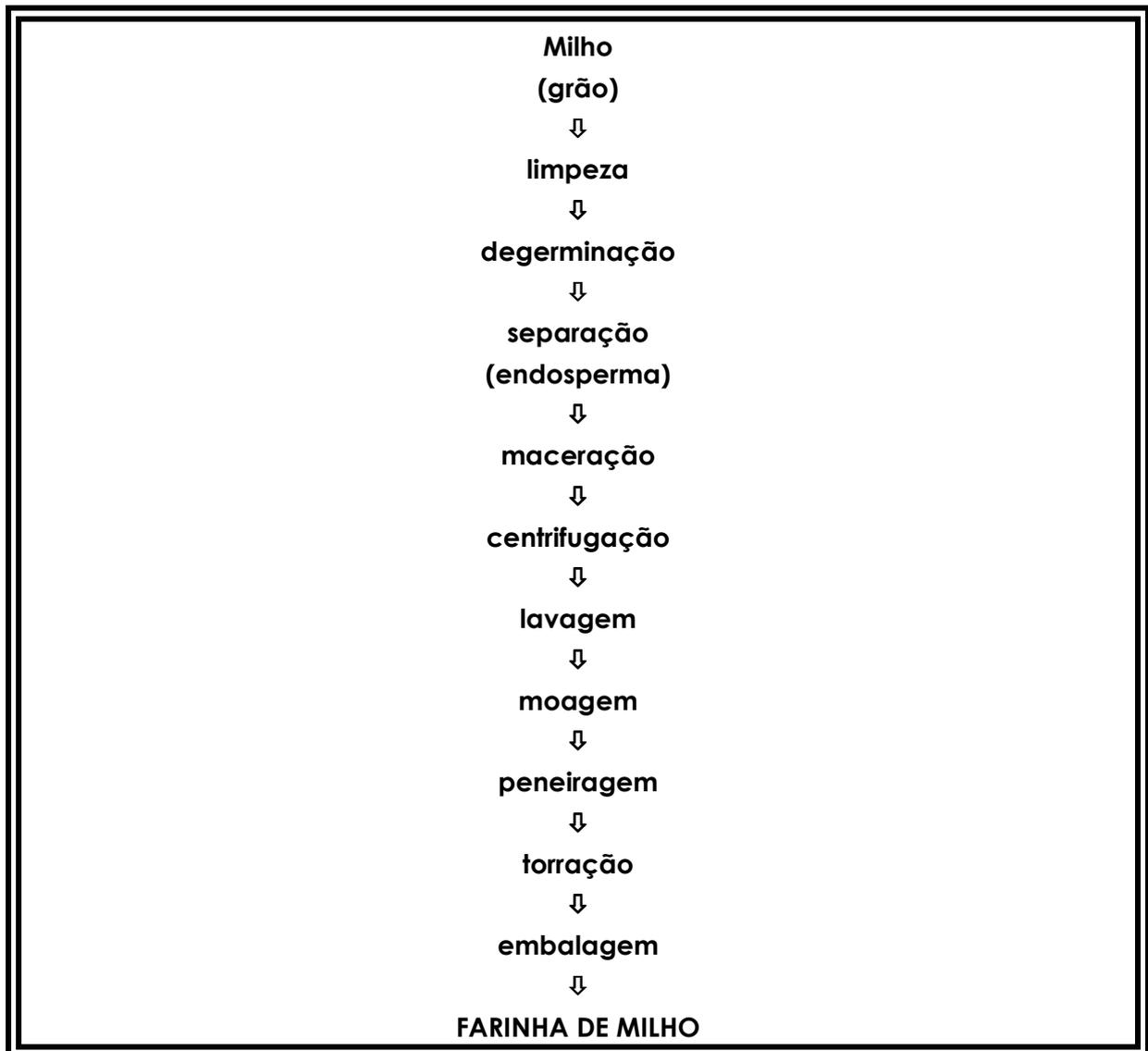


Figura 5. Fluxograma de obtenção da farinha de milho.

A farinha pode ser feita de milho branco ou amarelo e é comercializada sob a forma de beijus. É mais rica nutricionalmente que a farinha de mandioca, porém de menor consumo.

Parte-se da canjica, pois a película externa é abrasiva, além do que, costuma aderir ao céu da boca. Inclui uma etapa de maceração em tanques, com a finalidade de amolecer os grãos pela absorção de água pelos mesmos. Sob condições normais, o tempo de maceração é de cerca de 6 dias, período em que o material é passível de fermentação (água rica em carboidratos). Outros aquecem a água de maceração a 50°C e adicionam SO₂ (que pode conferir sabor desagradável ao produto final), para que o tempo de maceração seja reduzido e não ocorra fermentação. A hidratação, neste caso, pode ocorrer em 6 - 7 horas.

Posteriormente ocorre a centrifugação e lavagem do material macerado para retirada de material gomoso aderente.

A moagem é efetuada em moinhos de diversos tipos (disco, por ex.), fornecendo uma massa úmida (mais ou menos fina). Essa massa úmida cai sobre peneira de jogo ou rotativa, que separa os torrões ou pedaços não moídos, os quais retornam ao processo de moagem.

A massa úmida é encaminhada, a seguir, para um depósito com fundo em peneira, localizado em patamar superior ao forno. A massa é então peneirada sobre chapas aquecidas em fornos de diversos tipos. Na chapa (temperatura de aproximadamente 200-240°C), ocorre a formação de beijus, que quando secos, são retirados da chapa, esfriados e embalados. Esta etapa de secagem é de suma importância para a qualidade do produto final, pois interfere na cor, sabor e textura (crocância). As farinhas podem ser enriquecidas de vitaminas, ferro e cálcio.

A escolha do material de embalagem tem grande importância na conservação da textura do produto final.

No Brasil a Resolução que dispõe sobre a fortificação de ferro em farinhas de trigo e milho é a RDC nº 344, de 13 de dezembro de 2002, que torna obrigatória a adição de ferro e de ácido fólico nas farinhas pré-embaladas na ausência do cliente e prontas para oferta ao consumidor. Cada 100g de farinha de milho deve fornecer no mínimo 4,2mg de ferro e 150mcg (microgramas) de ácido fólico".

O **amido** é obtido segundo o fluxograma apresentado na Figura 6.

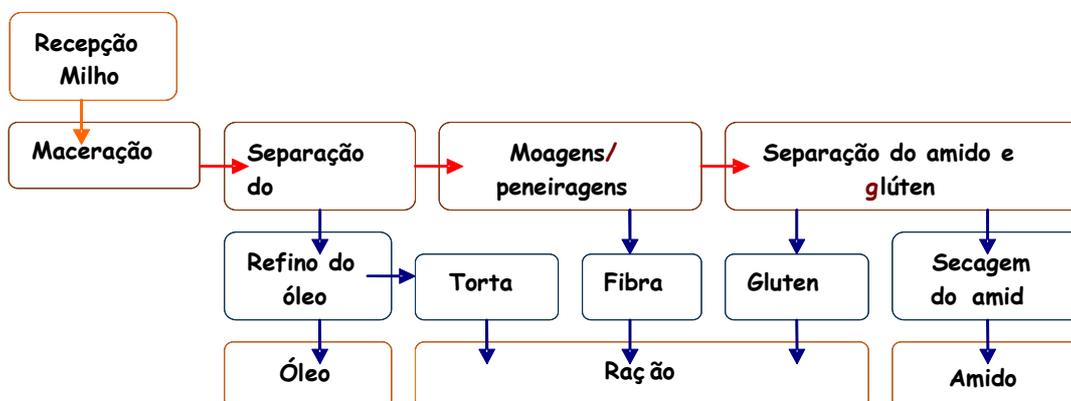


Figura 6 . Fluxograma do processamento do milho em amido e co-produtos.

3. PROCESSAMENTO DA MANDIOCA

3.1. Introdução

A mandioca (*Manihot esculenta* C.) é uma cultura tropical amplamente difundida por todo o território brasileiro. Sua utilização é feita sob a forma direta, que é o consumo culinário ou de "mesa", na forma cozida, frita ou no preparo de alimentos. Nessa área é crescente a industrialização na forma de produtos congelados (cozida, croquetes), minimamente processadas, frita tipo "chips". As raízes de mandioca são usadas também em indústrias de processamento para obtenção de produtos como as farinhas de variados tipos, fécula ou polvilho, polvilho azedo, mandioca puba, tapioca, beijús, salgadinhos do tipo aperitivo. Alguns destes produtos podem ser fabricados em variadas escalas industriais e outros, apenas em indústrias de porte pequeno a médio e outros ainda, somente em grande porte, requerendo investimento e tecnologia mais elevados.

Aqui somente será apresentado um panorama geral das possibilidades de uso dessa matéria-prima e o processamento de raspas e de farinha de mandioca.

3.2. A mandioca como matéria-prima

As cultivares têm sido alvo de intensa pesquisa por diversas instituições. A escolha da variedade é função do ambiente em que será cultivada e também do produto final que se deseja obter. Algumas variedades recomendadas para uso industrial na região Centro Sul do Brasil são a Branca de Santa Catarina, Mico ou Roxinha, Fibra, IAC 12, IAC 13, IAC14, IAC15, Fécula branca, Espeto. Para uso de mesa são recomendadas para esta mesma região as cultivares Mantiqueira, Verdinha, Jaçanã, Preta, IAC 576, Pioneira, Paraná, Gema de ovo.

O período de colheita das raízes é variável em função do período de maior produtividade agrícola na região e do produto que será fabricado. Para produtos de mandioca para uso de mesa é mais interessante plantas com 9 a 12 meses, por causa das características culinárias das raízes. Para obtenção de farinha e fécula são utilizadas preferencialmente plantas com 18 a 24 meses de idade, em virtude do maior rendimento industrial. O rendimento industrial é maior também no período da estação seca.

Uma indústria deve apresentar continuidade de operação para maior produção industrial e barateamento dos custos. Entretanto, apenas parte das indústrias tem trabalhado o ano todo, principalmente por causa dos problemas com o fornecimento de raízes. Algumas indústrias de mandioca trabalham apenas no período diurno e em determinadas épocas do ano.

A industrialização de uma matéria prima exige o conhecimento de características básicas como a sua **anatomia** e **composição química**.

As raízes de mandioca, quando cortadas transversalmente, apresentam 3 partes importantes do ponto de vista de industrialização. De fora para dentro a casca (periderme), a entrecasca (córtex) e a polpa (parênquima de armazenamento do amido). As partes apresentam composição química diferente entre si. A composição média das raízes de mandioca é de cerca de 60 a 65% de umidade (água), 30 a 35% de carboidratos (principalmente amido), 1 a 2% de proteínas e pequena quantidade da maioria das vitaminas e minerais.

Na composição das raízes existem ainda glicosídeos tóxicos, que podem gerar ácido cianídrico e que se acham presentes em quantidades variáveis. As plantas de mandioca são classificadas de acordo com o teor destes compostos nas raízes. Aquelas que possuem menor teor destes compostos são denominadas mandioca de mesa, mansa ou aipim. Aquelas que possuem maior teor recebem a denominação de mandioca de indústria, brava, amarga ou simplesmente

mandioca. Uma mesma variedade pode comportar-se de forma diferente de acordo com as condições ambientais, isto é, num local determinada variedade pode ser "mansa" e em outro "brava". Cabe ressaltar, entretanto, que a grande maioria dos produtos brasileiros são seguros para o consumo humano pois a industrialização das raízes reduz consideravelmente o teor destes componentes.

A raiz de mandioca é calórica, gerando aproximadamente 1500cal/ Kg, principalmente a partir do amido. Quando comparada a outras matérias-primas, observa-se que a mandioca apresenta baixos teores de componentes como a proteína e gordura. Isso proporciona elevado conteúdo de amido, em valores comparados, o que torna mais barato sua extração a partir dessas raízes.

Tabela 2. Composição (%) da mandioca e de outros alimentos amiláceos

	Mandioca	Batata	Trigo	Milho
Umidade	69,0	78,0	12,0	12,0
Proteína	1,5	2,0	10,5	8,8
Gordura	0,2	0,1	1,9	3,8
Fibra	0,7	0,9	1,4	2,0
Cinza	0,6	1,0	1,3	1,4
Amido	28,0	18,0	72,9	72,0

Segundo é amplamente divulgado, sendo inclusive de conhecimento dos produtores, as raízes de mandioca não se conservam por mais de 24 horas. As principais causas da rápida deterioração das raízes após a colheita são atribuídas ao elevado teor de umidade das mesmas, que ultrapassa a 65% do seu peso total e ao elevado teor de substâncias fenólicas presentes. Diversos sinais evidenciam as alterações primárias como o aparecimento de veias azuis ou áreas de descoloração. Se a aparência apresenta-se alterada, entretanto, nem sempre isso significa que a raiz não possa ser utilizada. Quando a deterioração é mais intensa, podem ocorrer fermentações e putrefações que impossibilitam qualquer tipo de uso para essas raízes.

Ainda não existe uma tecnologia para armazenar raízes destinadas ao uso industrial. A transformação das raízes em raspas, pedaços desidratados, mostrou ser uma forma segura de armazenar mandioca por períodos maiores.

3.4. Processos tecnológicos

PARTE AÉREA	Folhas	Alimentação animal e humana		
	Hastes	Material de plantio		
Raiz	Alimen- tação humana	Alimentação animal (silagens, feno, e "in natura")		
		Minimamente processadas, cozidas, fritas, farinhas, bolos, biscoitos, pães, sopas, mingaus, suflês, beijus, purê, empada, chips, cuscuz, cremes, pudins, nhoque etc		
	Alimen- tação animal	Cozidas		
		Desidratadas	Farinhas	
			Raspas	
	Pellets			
	Indústria	Amido (fécula)	Uso alimentício (amido nativo e modificado)	Glucose
				Maltose
				Fermentos
				Gelatinas
				Féculas
		Uso industrial (amido nativo e modificado)	Dextrina	
Adesivos				
Têxtil				
Papel e celulose				
Farmacêutica				
Amido fermentado (polvilho azedo)	Uso alimentício	Explosivos		
		Calçados		
		Tintas		
		Embutidos		
Farinhas	Alim. humana	Cervejaria		
		Petrolífera		
Raspas	Alim. animal	Confeitaria		
		Padaria		
		Ind. Biscoitos		
Álcool	Alim. animal	Ind. Pão queijo		
		Farinha mesa		
		Far. panificação		
		Rações		
		Rações		
Farinha de raspas	Alim. animal	Alim. animal		
		Alim. humana		
		Uso industrial		
		Combustível		
		Desinfetante		
Bebidas	Farmacêutica	Perfumarias		

Figura 7. Transformações possíveis para a planta da mandioca

Muitos produtos podem ser elaborados a partir da mandioca. Algumas das possibilidades de uso foram apresentadas na Figura 7.

No Brasil, o maior percentual da mandioca é destinado à fabricação de **farinha**. O consumo em culinária, em farinha de raspa e na alimentação animal se comparado, é muito baixo. O restante da produção de mandioca destina-se à produção de **amido ou polvilho doce**. Já o **polvilho azedo**, elaborado a partir da fermentação da fécula, é produzido unicamente por micro, pequenas e algumas médias empresas.

3.5. Raspas e farinha de raspas

As **raspas** são pedaços de mandioca desidratados e por isso, permitem o aumento do seu tempo de vida útil. Sob essa forma, a mandioca pode ser armazenada, exportada ou então utilizada nos períodos de entressafra, mantendo a continuidade do fornecimento de matéria-prima para a indústria.

A mandioca sob a forma de raspas é bastante utilizada na alimentação animal, principalmente pelos produtores de baixa renda. Podem competir com os cereais como constituintes **energéticos** das rações.

Apresenta também possibilidades como sucedâneo da farinha de trigo em panificação, quando na forma de farinha de raspas.

O processamento da raspa resume-se em lavagem e descascamento, corte das raízes, prensagem e secagem.

As raízes vêm do campo acompanhadas de terra, pequenas pedras e outros resíduos. A eliminação dessas impurezas é importante, não só para evitar a incorporação de massa inerte às operações, como para reduzir o perigo de contaminação dos microrganismos, diminuir o desgaste dos equipamentos e o aparecimento de sujidades nos produtos acabados.

Na indústria, as raízes são colocadas em lavadores-desempedreadores que, além de lavar, eliminam a película parda. Pequenos pedaços de casca branca também podem ser eliminados. Dois tipos são os mais comuns: os **cilíndricos**, construídos de barras de madeira em justaposição, o que permite que as raízes permaneçam e a água de lavagem escoe, carreando as impurezas e películas. Normalmente são rotativos e trabalham em sistema descontínuo. Os **semi-cilíndricos** (em "U") são estáticos, têm 2 seções, sendo a primeira de lavagem e a segunda de

descascamento. As raízes são continuamente removidas e deslocadas longitudinalmente para a outra extremidade com as revoluções do eixo.

A água que sai do lavador é encaminhada a uma estação de tratamento constituída basicamente de um decantador e de um filtro de areia, donde retornará ao lavador acrescida de uma pequena reposição.

As raízes passam pelo lavador desmolidor e vão para moinhos de diversos tipos, que picam as raízes em pedaços mais ou menos uniformes. Quanto mais uniforme melhor para se desidratar mais uniformemente. Existem diversos tipos de máquinas, que cortam em diferentes formatos. A seguir as raspas são conduzidas a prensas onde são submetidas a uma pressão (250 kg/cm²), com a finalidade de eliminar parte da água que encerram (25-40% U). Esta água encerra 7% de fécula e é encaminhada a tanques decantadores para recuperação deste subproduto. Esta água arrasta também material protéico mucilaginoso e gomoso, conduzindo à obtenção de melhores produtos. A prensagem é usada para acelerar a operação de secagem, economiza combustível e evita a gelatinização do amido.

As raspas prensadas são conduzidas aos secadores para desidratação, de diversos tipos, de acordo com o fabricante ou até mesmo ao sol. No forno secador de alvenaria, que trabalha com ar quente aspirado por ventiladores acoplados à fonte de calor, a temperatura não pode ultrapassar 65°C para não gelatinizar o material. Ao final da secagem as raspas devem encerrar 9-12% U. As raspas são por fim embaladas em sacos de algodão, de fibras plásticas trançadas ou de papel Kraft. Este produto deve ser armazenado em local seco, arejado e longe de produtos com odores fortes.

A **farinha de raspas** é o produto obtido da moagem das raspas. A trituração mais ou menos intensa varia de acordo com a finalidade de uso. As operações são: moagem das raspas em moinhos de martelos e passagem em peneira rotatória poligonal acoplada a ciclones. O material retido nas peneiras é o farelo usado no preparo de rações animais.

A farinha de raspas pré-gelatinizada pode ser adicionada à farinha de trigo no preparo do pão, na fabricação de massa (macarrão). Pode também ser usada como insumo para indústria de papelão.

A forma indicada para exportação de raspas é através da peletização, que é feita mediante trituração da raspa e passagem por um extrusor formando grânulos de dimensões variáveis.

3.6. Tecnologia da farinha de mandioca

A legislação brasileira (2005) define **farinhas** como os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos. E **farinha de mandioca** é o produto obtido das raízes de mandioca.

A farinha de mandioca desempenha um papel de grande importância na alimentação do brasileiro, principalmente da população de baixa renda, constituindo em alimento básico para muitos. É consumida em todo o País, de Norte a Sul, entretanto, as exigências dos consumidores, variam em função da região.

Existem três grupos básicos de farinha de mandioca - farinha seca, farinha d'água e farinha mista, que resulta da mistura das duas anteriores.

A farinha seca, também chamada de farinha de mesa, é a mais consumida no Brasil. Este produto é obtido das raízes de mandioca devidamente limpas, descascadas, raladas. A massa obtida é prensada, peneirada ou não e torrada em fornos. Depois da torração, o produto é peneirado ou não, e a seguir, embalado.

A farinha d'água, também chamada de farinha de puba, é o produto obtido das raízes de mandioca devidamente limpas, maceradas (fermentadas), descascadas, trituradas ou desestruturadas. A massa resultante é prensada, esfarelada e torrada em fornos em fogo brando. O produto torrado é peneirado ou não e a seguir, embalado. A etapa de fermentação confere à farinha características organolépticas típicas da presença de ácidos como láctico, acético, butírico, etc.

A farinha mista, também chamada de farinha-do-Pará, é o resultado da mistura em diferentes proporções entre a farinha seca e farinha d'água. Esta farinha e a d'água são mais consumidas nos Estados da Região Norte do Brasil.

Em algumas regiões a exigência dos consumidores é por farinha elaborada com raízes de polpa branca e em outras por raízes de polpa amarela. As etapas de processamento da farinha de mandioca seca encontram-se no fluxograma apresentado na Figura 8.



Figura 8. Processamento da farinha de mandioca seca.

Uma descrição mais detalhada das etapas é apresentada a seguir.

Recepção, lavagem e descascamento

O tempo entre a colheita das raízes e o início de seu processamento deve ser o mais curto possível. As raízes de mandioca colhidas devem ser depositadas na parte externa da fábrica de farinha ou farinheira, a fim de se evitar contaminação

do produto em elaboração. Neste local as raízes são pesadas e descarregadas (ou vice-versa).

A lavagem das raízes varia com a forma de descascamento, manual ou mecânico. Quando o descascamento é manual, inicialmente as raízes são lavadas com água potável em tanques, em seguida, descascadas com o uso de facas de aço inoxidável e novamente lavadas. Quando se utiliza o descascamento mecânico, a lavagem é feita ao mesmo tempo em que as raízes são descascadas. As raízes descascadas devem ser acondicionadas em recipientes (como caixas e baldes plásticos) limpos.

O descascamento manual retira a entrecasca das raízes promovendo uma melhoria de qualidade da farinha produzida, pois a entrecasca possui alto teor de taninos (que provocam escurecimento) e fibras. Entretanto, esta retirada reduz o rendimento do processo.

O descascamento mecânico é feito em equipamentos descascadores apropriados (lavador-descascador) que retiram a casca (película) da mandioca por abrasão. Estes descascadores podem ser na forma de cilindro de madeira fechado nas extremidades, semelhante a um barril, com um eixo central perfurado para passagem de água para lavagem, ou de um canal cilíndrico de madeira ou ferro, com a parte do fundo revestida com aço inoxidável para evitar escurecimento das raízes, dotado de eixo com hastes e tubo perfurado para passagem de água para lavagem. As mandiocas são revolvidas pelo eixo ou pela rotação do tambor ou barril. As impurezas pesadas como pedras, terra, cascas, entrecasca, saem entre as barras do lavador, arrastadas pela água. O tempo de operação varia conforme a capacidade dos equipamentos. Após a passagem pelo descascador, as raízes ainda podem possuir alguma parte da casca aderida, necessitando de um rápido repasse manual, chamado de repinicação.

Ralação

As raízes limpas são encaminhadas ao ralador manualmente ou por transportadores mecânicos, dependendo do volume de produção.

Esta etapa é realizada em raladores de tamanho variável, comumente constituídos de cilindro de madeira dotado de lâminas de aço serrilhadas paralelas e fixadas nos sentidos longitudinal que, acionados por motores, giram promovendo a ralação das raízes. Nesta etapa é imprescindível uma boa regulagem do ralador, a fim de proporcionar uma massa ralada com partículas uniformes, evitando-se também o rompimento das mesmas. A massa ralada produzida é acondicionada

em tanques limpos até a etapa de prensagem.

Prensagem

A finalidade desta etapa é reduzir a umidade da massa ralada, facilitando a etapa de torração. A retirada do excesso de água também evita a formação de goma durante a torração. A formação de blocos compactados de massa ralada retarda o escurecimento (oxidação) do material.

A prensagem é feita em prensas manuais (de parafuso), com cestos abertos, ou hidráulicas, também com cestos abertos. As dimensões são variáveis conforme a capacidade de prensagem. Os cestos podem ser duplos para uso alternado. A duração da prensagem varia de 5 a 20 minutos e elimina cerca de 20 a 30% de água da massa. O líquido resultante da prensagem é chamado de **manipueira**.

Esfarelamento

Esta etapa pode ser realizada em raladores que giram em menor velocidade, denominados esfareladores, e visam quebrar o bloco compacto de massa resultante da prensagem.

A massa esfarelada pode passar por peneiras, que retêm a chamada **crueira** (pedaços mal moídos), que normalmente é destinada a composição de ração animal.

Torração

A torração é feita com a finalidade de reduzir a umidade da massa e alterar suas características de cor, sabor e textura.

Esta operação pode ser feita em fornos com chapa de ferro na qual aplica-se fogo diretamente. Neste tipo de forno, o revolvimento pode ser manual ou mecânico. Outro tipo de forno é o chamado rotativo, constituído por uma chapa circular giratória, assentada sobre fornos de alvenaria. A massa esfarelada é distribuída uniformemente em camadas finas sobre a chapa aquecida, por meio de um distribuidor mecânico, com fundo em peneira.

O teor de umidade final das farinhas deve ser sempre inferior a 14% para que haja boa conservação das características do produto final.

Peneiragem

Após a torração, a farinha é conduzida para um conjunto de peneiras vibratórias chamado de classificador de farinha, que pode ser dotado de separador por fluxo de ar para a separação das fibras. Os caroços ou aglomerados da farinha resultantes da peneiragem podem ser triturados em moinhos (de cilindro, disco ou martelo) e, em seguida, novamente peneirados. Esta operação deve triturar adequadamente a farinha, sem pulverizá-la. Opcionalmente, pode-se proceder a trituração de toda a farinha e, em seguida, realizar a peneiragem. Para este processo pode-se utilizar peneiras centrífugas, onde a farinha é peneirada em chapas - circulares e perfuradas – giratórias. As malhas das peneiras variam de 0,17 mm a até mais de 1,0 mm.

Acondicionamento e armazenamento

Uma tonelada de raízes produz de 250 a 350 Kg de farinha, conforme a variedade, idade, época do ano e sistema de fabricação.

O produto somente pode ser acondicionado quando estiver à temperatura ambiente para evitar a condensação de vapores na embalagem com posterior perda de crocância e também deterioração do produto. O acondicionamento é feito por máquinas embaladoras automáticas ou semi-automáticas. A embalagem na qual o produto é acondicionado depende da forma de comercialização da farinha. O produto pode ser acondicionado em sacos de algodão de 50 kg, quando a comercialização é feita a granel, por “litro” ou “quilo”, em feiras livres e mercados municipais. Para a venda em supermercados, a farinha é embalada em sacos plásticos (polietileno de baixa densidade) ou laminados (papel + polietileno de baixa de densidade) com 500 g ou 1 Kg.

O armazenamento da farinha deve ser feito sobre estrados em local seco e ventilado.

Padronização

A farinha produzida deve também estar de acordo com as normas oficiais para poder ser comercializada. A classificação das farinhas é de acordo com o grupo (relacionado com a tecnologia de fabricação), o subgrupo (relacionado à granulometria), a classe (relacionada com a coloração do produto) e o tipo (envolve uma série de outras características, como presença de cascas, fiapos,

pontos pretos, acidez, etc).

A Portaria de N° 554 de 30/08/95 (MAARA) define normas de identidade, qualidade, apresentação, embalagem, armazenamento e transporte da FM.

GRUPOS: D'ÁGUA, MISTA E SECA

SUBGRUPOS

- FM d'água
- Farinha fina
- Farinha grossa
- FM Mista
 - Farinha fina
 - Farinha grossa
- FM Seca
 - Farinha extra fina
 - Farinha fina beneficiada
 - Farinha fina
 - Farinha média
 - Farinha grossa
 - Farinha bijusada

CLASSES

- Farinha branca** – é a de cor branca, natural da própria raiz.
- Farinha amarela** – é a de cor amarela, natural da própria raiz, ou decorrente da tecnologia de fabricação (torração); e
- Farinha de outras cores** – é a farinha cuja coloração não se enquadra nas anteriores.

Os padrões de classificação para farinha no Brasil são definidos de acordo com a presença de cascas, de cepas, fibras e entrecascas, raspas, pontos pretos, pó, teor de umidade, acidez, teor de cinzas e de amido.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento colocou em consulta pública por mais 90 dias, até 12 de abril de 2011 o texto que regulamentará o novo padrão oficial de classificação para a farinha de mandioca, com os requisitos de identidade e qualidade, amostragem, modo de apresentação e rotulagem.

É importante produzir os tipos de farinha mais procurados e melhor cotados no mercado. A granulometria da farinha, ou seja, a simples passagem do produto em determinados tipos de peneiras já pode definir um produto diferente e garantir preço melhor.

Outras vezes, com pequeno investimento adicional, obtêm-se produtos mais interessantes para o consumidor e que alcançam maior retorno financeiro ainda. Exemplo disto são as indústrias de farinha de mandioca temperada, que nos últimos anos têm apresentado incremento na produção.

3.7. Tecnologia do amido de mandioca

Devido à facilidade de extração desenvolvem-se indústrias produtoras de amido dos mais variados níveis técnicos. O Brasil tem indústrias grandes (> 200 t. amido /dia), médias (de 100 a 200 t. amido/ dia) e pequenas (<50 t. amido/dia). Recentemente várias multinacionais investiram no setor.

O fluxograma básico de processo é apresentado na Figura 9. Esquemas de processamento em indústrias de médio porte (Figura 10) e de grande porte (Figura 11) são também apresentados.

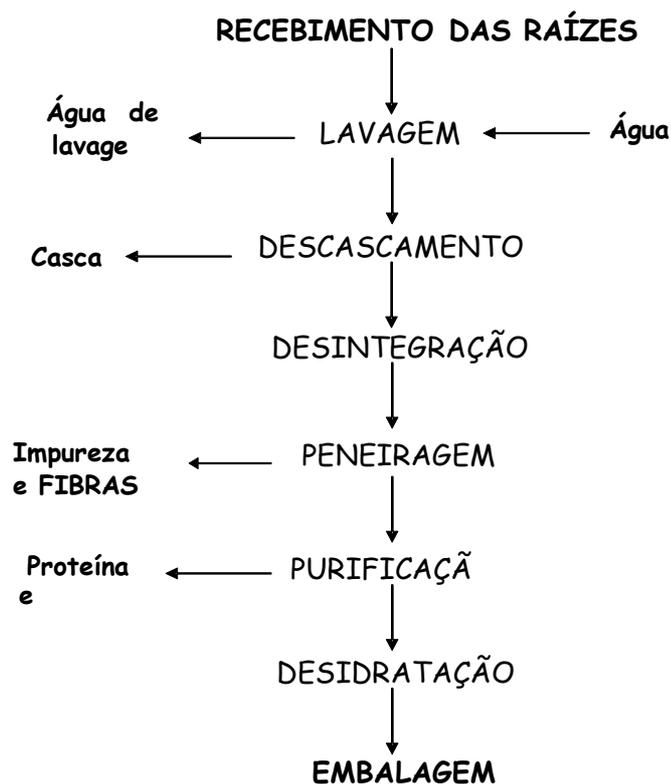


Figura 9. Processo de produção de amido de mandioca.

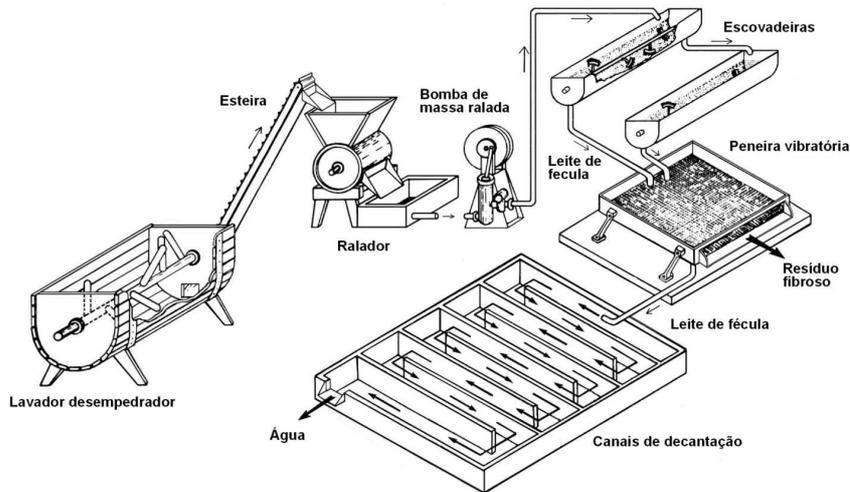


Figura 10. Processo de produção de amido em pequenas e médias empresas.

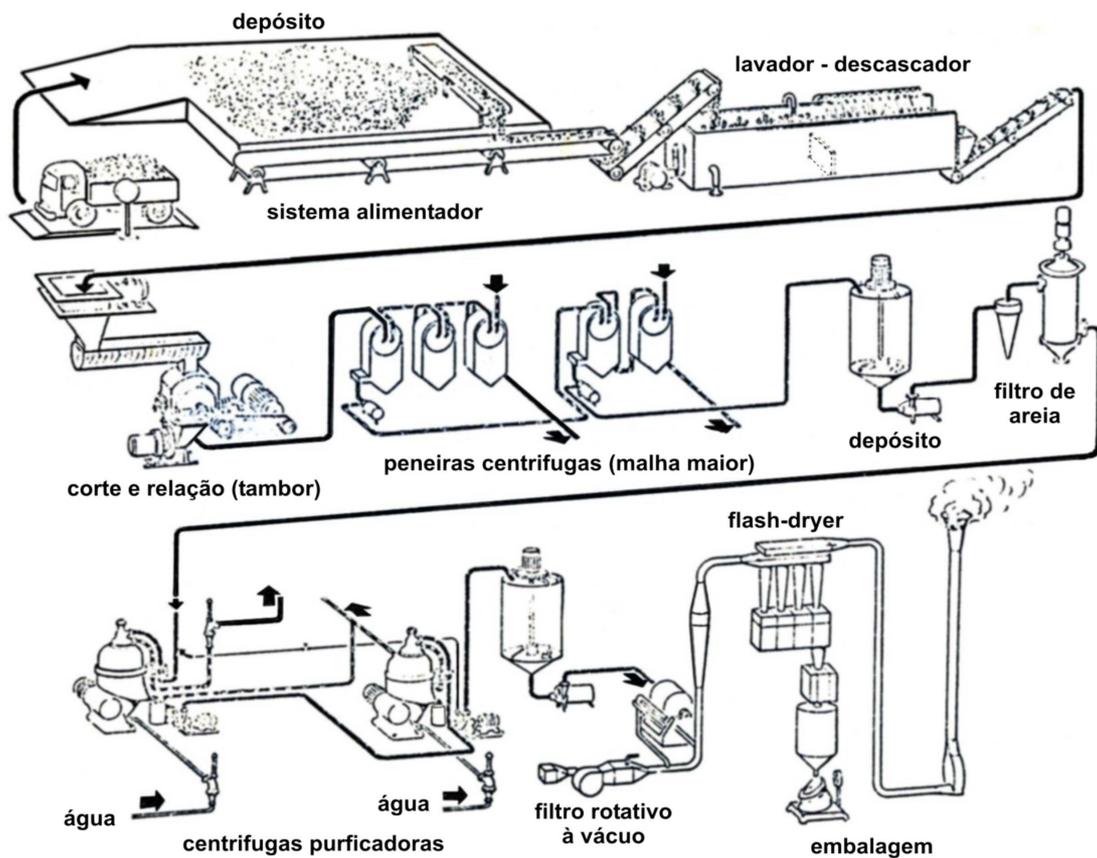


Figura 11. Processo de produção de amido em empresas maiores.

3.8. Resíduos do processamento de mandioca

Na atualidade há grande preocupação em relação ao meio ambiente. Deve ser lembrado também que a poluição com materiais orgânicos não esgotados é o mesmo que poluir o ambiente com dinheiro. Esses materiais podem e devem ser usados como matéria prima para outros processamentos, com potencial de produzir recursos complementares para a empresa.

Esgotadas as possibilidades de uso de resíduos como matéria prima para subprodutos, resta a escolha do sistema de tratamento, que são variadas. Muitos tratamentos ainda estão sendo estudados, algumas propostas já foram validadas em nível técnico, mas ainda há necessidade de análise econômica antes de sua difusão.

Os resíduos da mandioca são partes da própria planta, produzidos em função do processo tecnológico adotado.

Tanto a qualidade como a quantidade dos resíduos variam bastante, em função de uma série de fatores tais como cultivar, idade da planta, tempo após a colheita, tipo e regulagem do equipamento industrial, etc. Considerando a fabricação de farinha de mandioca os resíduos gerados podem ser sólidos ou líquidos.

Alguns dos resíduos sólidos são a **casca marrom, entrecasca, descarte e crueira**. Diversos trabalhos de pesquisa têm mostrado que não só é possível, mas que poderá ser economicamente viável o emprego dos resíduos sólidos em alimentação animal, podendo ser utilizados como alimentos energéticos.

Entre os resíduos líquidos cita-se a **manipueira**, que caracteriza a água de constituição da raiz, extraída na prensagem da massa ralada. É denominada também **água de prensa ou água vegetal**. É também considerado resíduo líquido a **água da lavagem das raízes**.

Uma das formas de tratamento de resíduos líquidos mais bem estabelecidas, quanto à viabilidade técnica e econômica é a digestão anaeróbia. O tratamento por aeração é outra possibilidade, mas é mais caro. A experiência relatada de agricultores mostra que os resíduos de mandioca, em especial a manipueira, podem apresentar efeito herbicida, nematicida, inseticida e residual, como adubo.