

CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DE EXTRUSADOS DE TERCEIRA GERAÇÃO À BASE DE FARINHAS DE MANDIOCA E PUPUNHA

Technological characterization of third generation extruded from cassava (*Manihot esculenta* crantz) and pupunha (*Bactris gasipaes* kunth.) flour

**Ana Vânia Carvalho¹, Marcus Arthur Marçal de Vasconcelos¹, Priscilla Andrade Silva²,
Glauco Takeda Assis², José Luis Ramirez Ascheri³**

RESUMO

Conduziu-se este trabalho, com o objetivo de estudar as propriedades funcionais tecnológicas de extrusados de terceira geração obtidos de misturas de farinhas de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), por meio das análises de densidade aparente, índice de absorção de água, índice de solubilidade em água e viscosidade de pasta (RVA). Os extrusados foram formulados, adicionando-se 15, 20 e 25% de farinha de pupunha à farinha de mandioca, sendo processados em extrusora monorosca, escala piloto. Os parâmetros de extrusão foram fixos, utilizando-se cinco zonas de extrusão com temperaturas de 30°C, 40°C, 60°C, 65°C e 70°C; velocidade do parafuso 177rpm; taxa de alimentação 292g/min e matriz laminar de 1mm. Os extrusados de terceira geração obtidos apresentaram valores relativamente baixos ou intermediários de IAA e ISA, variando de 5,01 a 6,48g/g e 5,37 a 7,34% para IAA e ISA, respectivamente. Após o processo de fritura dos extrusados, observou-se expansão e, conseqüentemente, redução na densidade aparente dos mesmos. O desenvolvimento ou aplicação de tecnologias como a extrusão, que permitam o aproveitamento de matérias-primas regionais, entre elas a mandioca e a pupunha, é uma forma de agregação de valor às riquezas existentes e, ao mesmo tempo, possibilita a diversificação de novos produtos alimentícios prontos para o consumo.

Termos para indexação: *Bactris gasipaes*, *Manihot esculenta*, extrusados de terceira geração, viscosidade de pasta, índice de absorção de água.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the technological functional properties of third generation extruded products obtained from cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth.) flour mixtures, in terms of apparent density, water absorption index (WAI), water solubility index (WSI) and paste viscosity. The extruded products were formulated by adding 15%, 20% or 25% pupunha flour to cassava flour, and processing the mixtures in a pilot scale single screw extruder. The extrusion parameters were fixed by using five extrusion zones (at 30°C, 40°C, 60°C, 65°C, and 70°C); screw speed, 177 rpm; feed rate, 292g/min; laminar matrix with 1 mm. The formed third generation extruded presented relatively low or intermediate values of WAI and WSI. After being fried, the extruded elements were expanded and thus their apparent density were reduced. Development or application of technologies such as extrusion, which allow utilization of regional raw food materials such as cassava and pupunha, is a way of aggregating value to the natural resources, at the same time allowing development of new food products ready for consumption.

Index terms: *Bactris gasipaes*, *Manihot esculenta*, third generation extruded, paste viscosity, water absorption index.

(Recebido em 19 de setembro de 2008 e aprovado em 19 de outubro de 2009)

INTRODUÇÃO

A crescente demanda do mercado consumidor por novos produtos estimula a utilização de matérias-primas regionais que não são processadas ou que, quando o são, realiza-se de maneira bastante artesanal, como é o caso da pupunheira (*Bactris gasipaes* Kunth.), uma palmeira multicaule nativa dos trópicos úmidos da Amazônia. Seus frutos geralmente são consumidos após cozimento em água e sal, podendo também ser utilizados na fabricação de

farinhas para usos variados, representando uma fonte de alimento potencialmente nutritiva, em razão do seu alto conteúdo de carotenóides biodisponíveis, além de teores consideráveis de carboidratos, proteínas e lipídios (Yuyama et al., 1991; Yuyama & Cozzolino, 1996).

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) se destaca como uma das principais cul-turas no Brasil, sendo que a maior parte da sua produção destina-se à fabricação de farinha de mandioca e o restante divide-se entre

¹Embrapa Amazônia Oriental – Av. Dr. Enéas Pinheiro, s/n – Marco – 66095-100 – Belém, PA – anavania@cpatu.embrapa.br

²Embrapa Amazônia Oriental – Belém, PA

³Universidade do Estado do Pará – Centro de Ciências Naturais e Tecnologia/CCNT – Belém, PA

⁴Embrapa Agroindústria de Alimentos – Guaratiba, RJ

alimentação humana, animal e processamento para fécula (Tsen et al., 2000). Embora seja a forma mais ampla de aproveitamento industrial da mandioca, a farinha não é um produto mui-to valorizado, podendo ser empregada como matéria-prima para processamento de outros alimentos, com a finalidade de aumentar o valor agregado e, conseqüentemente, melhorar a renda dos setores envolvidos (Ascheri et al., 2000).

A extrusão termoplástica é um processo no qual a ação mecânica é combinada com o calor para gelatinizar o amido, ocorrendo uma fluidização do mesmo, permitindo criar novas texturas e formas para o produto final. É um processo muito versátil e, com modificações mínimas no equipamento básico e nas condições de processo, uma grande variedade de produtos pode ser obtida. As farinhas e féculas podem ser destinadas para a produção de alimentos extrusados práticos, como os cereais matinais, *snacks* (expandidos ou não, como o caso dos extrusados de terceira geração), alimentos infantis e sopas instantâneas (Ascheri et al., 2000; Capriles & Arêas, 2005).

Os extrusados de terceira geração, denominados também de produtos intermediários (*half-products*) ou *pellets*, são produtos que, ao saírem do extrusor, ainda não estão expandidos, sendo submetidos, após o cozimento por extrusão, à etapa de secagem, estando prontos para o consumo após sofrerem expansão por meio da fritura rápida em óleo, por aquecimento com ar quente ou forno de microondas. Entre as vantagens dos extrusados de terceira geração, podemos citar menores volumes de espaços ocupados durante o armazenamento e transporte, quando comparados aos produtos de expansão direta; a vida de prateleira dos produtos pode alcançar até 18 meses em razão da baixa umidade e atividade de água; e a fritura dos mesmos pode ser realizada por pequenos centros de distribuição para o consumo imediato, reduzindo com isso o tempo de armazenamento após a fritura (Ramírez & Wanderlei, 1997; Ascheri et al., 2000; Carvalho et al., 2002).

A extrusão permite ainda a obtenção de um efeito nutricional benéfico no produto, uma vez que viabiliza a mistura de diferentes matérias-primas e outros nutrientes (Carvalho, 2000). Essa técnica permite maior facilidade na produção de misturas alimentícias destinadas ao consumo humano, produzindo uma variedade de produtos, além de permitir o enriquecimento do alimento com vitaminas ou minerais, por meio da suplementação, estimulando o consumo do produto.

Neste trabalho, objetivou-se estudar o efeito de misturas de farinhas de mandioca e pupunha na qualidade final de extrusados de terceira geração obtidos por extrusão

termoplástica, por meio da caracterização das propriedades tecnológicas de expansão, viscosidade de pasta, índice de absorção de água e índice de solubilidade em água.

MATERIAL E MÉTODOS

Matéria-prima

Foram utilizados farinha de mandioca adquirida em feiras livres na cidade de Belém, PA e frutos de pupunheira obtidos de cultivos comerciais no município de Santa Isabel, Pará. As pupunhas foram processadas para obtenção da farinha, de acordo com o fluxograma a seguir:

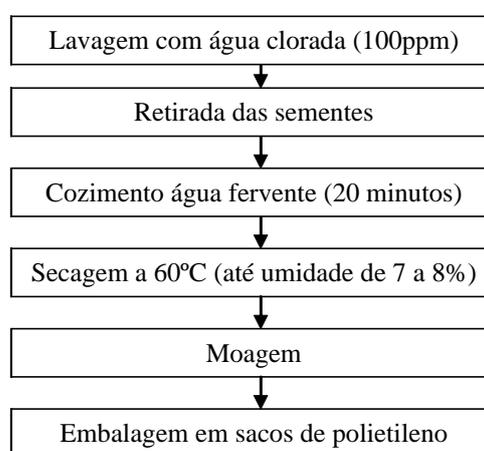


Figura 1 – Processamento para a obtenção de farinha de pupunha.

2.2 Processamento por extrusão

As formulações testadas foram preparadas a partir de uma mistura de farinha de pupunha e farinha de mandioca nas proporções de 15, 20 e 25%, sendo adicionado 1,5% de sal para as três formulações. As amostras foram condicionadas para o teor de umidade de 35% adicionando-se água destilada lentamente às amostras por meio de uma pipeta e homogeneizando-se as mesmas em bateadeira elétrica, durante aproximadamente 10 minutos. A quantidade de água adicionada às amostras é calculada de acordo com a seguinte fórmula:

$$Y = (U_f - U_i) \times P / 100 - U_f$$

Onde:

Y = quantidade de água a ser adicionada (mL)

U_f = umidade final da amostra

U_i = umidade inicial da amostra

P = peso da amostra (g)

Após o condicionamento as amostras foram embaladas e mantidas em temperatura de 7°C, durante 24 horas antes do processamento. As três formulações testadas foram processadas em extrusora mono-rosca, da marca INBRAMAQ, modelo RXPQ Labor 24 (Ribeirão Preto, Brasil), de configuração e parafuso intercambiáveis apropriada para produção de produtos não expandidos em canhão de maior comprimento, com controle de temperatura nas diferentes zonas de aquecimento e velocidade do parafuso regulável, por meio de regulador e frequência. Inicialmente, foram realizados vários testes preliminares buscando-se ajustar os parâmetros de extrusão que resultassem em um produto final com características de extrusado de terceira geração, tais como umidade de condicionamento da matéria-prima, temperatura nas zonas do extrusor, velocidade de rotação do parafuso e taxa de alimentação, adotando-se ao final dos testes os seguintes parâmetros: temperatura nas zonas do extrusor (Zona 1 = 30°C; Zona 2 = 40°C; Zona 3 = 60°C; Zona 4 = 65°C; Zona 5 = 70°C), velocidade do parafuso (177rpm), taxa de alimentação de 292g/min e matriz laminar de 1mm. A temperatura de secagem após o processo de extrusão foi de 60°C durante 3 horas. Uma parte dos extrusados secos foram armazenados em embalagem flexível laminada (BOPPmetalizado/PE/BOPP), sendo analisados posteriormente e a outra parte foi frita em óleo a temperatura de 180° por cerca de 5 a 8 segundos, sendo mantida em embalagem flexível laminada até o momento das análises.

Caracterização física e tecnológica dos extrusados

Análise granulométrica

Realizou-se a análise granulométrica das farinhas de mandioca e pupunha, utilizando-se classificador vibratório marca Produtest e conjunto de peneiras equivalentes a 9, 20, 28, 35 *mesh* e uma base. O tempo estabelecido foi de 10 minutos a uma intensidade de vibração correspondente à posição nº 8 do reostato do aparelho.

Densidade aparente

A densidade aparente é uma forma indireta de verificar os níveis de expansão dos extrusados fritos e medir sua densidade. Assim, pelo método do deslocamento da massa ocupada (utilizando-se semente de canola) e o seu volume determinado em proveta graduada, mediu-se a densidade aparente dos extrusados fritos. A fórmula utilizada para o cálculo foi: $Da = p/v$, onde Da = densidade

aparente; p = peso; v = volume (Ramírez & Wanderlei, 1997).

Viscosidade de pasta

A viscosidade de pasta foi determinada em um “Rapid Visco Analyser (RVA)”, seguindo-se a sua metodologia para materiais extrusados. Para a análise no RVA, 3g de farinha extrusada com umidade corrigida para 14% foi adicionada de água destilada até peso final de 28g (Ascheri et al., 2006). O perfil de análise utilizado foi “extrusion 1 no-alcohol”, onde, inicialmente, se manteve a 25°C durante 2 minutos. O aquecimento deu-se logo em seguida e atingiu a temperatura máxima (95°C) aos 7 minutos, onde permaneceu durante 3 minutos. Logo após, iniciou-se o resfriamento até a temperatura de 25°C novamente, num total de 20 minutos de análise.

Índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade em água (ISA)

A determinação dos parâmetros de IAA e ISA foi realizada segundo metodologia descrita por Anderson et al. (1969).

Análise estatística

Todas as análises físicas e tecnológicas dos extrusados foram realizadas em triplicata, à exceção da análise de viscosidade de pasta que foi realizada em duplicata.

Os resultados das características avaliadas foram submetidos à análise de variância e as médias, quando significativas, comparadas pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software SAS® versão 8.0 (Statistical Analysis System Institute-SAS Institute, 1999).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Caracterização física e tecnológica dos extrusados

Granulometria da matéria-prima

A granulometria dos materiais utilizados no processo de extrusão tem significativa influência nos resultados de cocção durante o processamento, assim como na textura do produto final. Sua importância está relacionada, por um lado à difusividade da água nas partículas que, segundo o tamanho das mesmas, poderão ter maior ou menor condição de absorver água durante o condicionamento da matéria-prima e, por outro lado, essas variações poderão influenciar no grau de cozimento e homogeneização da massa elaborada. Os resultados da análise granulométrica das farinhas de mandioca e pupunha encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Análise granulométrica das farinhas de pupunha e mandioca.

Amostra	Tamanho de partículas (mesh)				
	> 9	9-20	20-28	28-35	<35
Farinha de mandioca (%)	0,27±0,06	88,15±2,63	10,81±0,09	0,15±0,00	0,62±0,01
Farinha de pupunha (%)	0,14±0,02	71,86±1,48	16,91±0,42	3,73±0,17	7,36±2,40

Observa-se, por meio da Tabela 1, cerca de 88% de partículas da farinha de mandioca e 72% de partículas da farinha de pupunha retidas na peneira de 20mesh. A distribuição relativamente homogênea das partículas das matérias-primas influencia na obtenção de produtos elaborados mais satisfatórios. A necessidade de homogeneidade é ainda mais notória quando se elabora *pellets* por extrusão, já que o processo exige o trabalho com porcentagens relativamente altas de umidade, o que traz, como consequência, uma menor fricção no barril do extrusor e, conseqüentemente, os níveis de transformação do material amiláceo serão mais limitados (Ramirez & Wanderlei, 1997; Guy, 2001).

Densidade aparente (DAP)

A densidade aparente é uma forma indireta de quantificar a eficiência do processo de extrusão. De forma indireta também permite avaliar objetivamente quão leves ou pesados são os extrusados elaborados e assim pode-se prever sua aceitabilidade pelo consumidor. Na Tabela 2, encontram-se os valores de densidade aparente para as diferentes formulações dos extrusados crus e extrusados fritos.

Pela densidade aparente (DAP), assim como o índice de expansão, busca-se descrever, de forma indireta, o grau de “transformação” do grânulo de amido e as variações de peso e volume que sofreu a massa amilácea ao sair do extrusor.

A determinação do grau de expansão dos extrusados de terceira geração na maioria das vezes é dificultada pelas suas características geométricas, em consequência dos diferentes formatos das matrizes, além do fato de que a expansão em extrusados de terceira geração ocorre somente no momento da fritura do produto. Sendo assim, avalia-se sua densidade aparente ou massa volumétrica aparente.

Observa-se redução na densidade aparente dos extrusados após a fritura, indicando razoável expansão dos mesmos após esse processo (Tabela 2). Por outro lado, na elaboração de extrusados de terceira geração de farinha de trigo, que é o que se comercializa no Brasil, deve ser observado que a matéria-prima utilizada está praticamente isenta de fibra alimentar, ao contrário da farinha de pupunha, neste trabalho, que apresenta 10,5% de fibras

(Carvalho et al., 2009), além da farinha de trigo possuir uma proteína muito importante que é o glúten, resultando em extrusados com baixa densidade. Na Tabela 2, é possível observar que para os extrusados fritos, quanto maior o teor de farinha de pupunha utilizado, menor é a expansão do produto final. Conteúdos de fibra altos em produtos extrusados provocam baixos níveis de expansão, decorrente do fato de os carboidratos da formulação em questão possuírem alto peso molecular. Além disso, o teor de carboidratos em forma de amido na formulação para extrusados de terceira geração deve variar entre 75-85% (Ascheri et al., 1995), para se conseguir produtos leves e de excelente crocância.

Vale ressaltar que, para as matérias-primas utilizadas neste trabalho, encontrou-se para a farinha de pupunha teores de 4,15% de proteína, 11,56% de lipídeos, 1,53% de cinzas, 10,52% de fibras e 70,54% de amido e para a farinha de mandioca 0,93% de proteína, 0,13% de lipídeos, 0,86% de cinzas, 4,75% de fibras e 88,34% de amido (Carvalho et al., 2009).

Outro fato importante a ser considerado é que, durante o processamento dos extrusados, podem ocorrer algumas perdas nutricionais, principalmente relacionadas a compostos sensíveis à luz, oxigênio e temperatura elevada, como os carotenóides, considerados compostos muito sensíveis. De acordo com dados publicados (Carvalho et al., 2009), a farinha de pupunha representa excelente fonte de carotenóides, com teor médio de 137,98µg.g⁻¹. Segundo os autores, ocorrem perdas consideráveis de carotenóides totais em função das etapas de extrusão e fritura, comprovando a sensibilidade dos carotenóides frente ao processamento. Porém, mesmo em razão das perdas ocorridas durante o processamento, Carvalho et al. (2009) relatam que os valores encontrados para os extrusados fritos, variando de 1,27 a 3,49mg/g em função da formulação, são significativos.

Viscosidade de pasta

A viscosidade de pasta é um parâmetro importante no estudo das propriedades funcionais de alimentos amiláceos, sendo uma das formas de se avaliar o grau de degradação que ocorre nesses materiais durante o

tratamento térmico. Nas suspensões de amido a viscosidade depende da capacidade dos grânulos de absorverem água, incharem, romperem e se difundirem no meio líquido. Tratamentos severos destroem a estrutura granular do amido fazendo com que a viscosidade de pasta seja baixa (Carvalho, 2000).

Os resultados de viscosidade de pasta, para as três formulações estudadas, estão apresentados na Figura 1, Figura 2 e Figura 3.

No presente estudo, como foram mantidas as mesmas condições de temperatura e umidade durante o processamento das três formulações estudadas, as alterações observadas para a viscosidade são decorrentes, principalmente, das diferenças nas formulações dos extrusados.

Na Tabela 3, são apresentados os valores de viscosidade inicial a 25°C, viscosidade máxima e viscosidade final das três formulações de extrusados estudadas.

A viscosidade inicial a 25°C, também chamada de viscosidade de pasta a frio, indica a capacidade das

farinhas de absorver água à temperatura ambiente e formar uma pasta, gel ou líquido viscoso, sendo expressa em cP (Carvalho et al., 2002). Essa propriedade é importante na preparação de alimentos instantâneos e indica a capacidade das farinhas de absorver água à temperatura ambiente e formar pasta, gel ou líquido. As formulações de extrusados com 20% e 25% de farinha de pupunha apresentam viscosidade inicial inferiores estatisticamente, quando comparadas à formulação com 15% de farinha de pupunha (Tabela 3), indicando que a adição de farinha de pupunha contribui para valores menores de viscosidade de pasta a frio. Os valores de viscosidade inicial encontrados neste trabalho, de 55, 13 e 17cP, para as formulações com 15%, 20% e 25% de farinha de pupunha, respectivamente, são baixos se comparados com matérias-primas convencionais (amidos, farinhas de trigo e mandioca), o que permite avaliar antecipadamente que a expansão dos extrusados de terceira geração após fritura talvez não seja o esperado, pois os valores deveriam estar entre 500 a 800 cP (Ascheri et al., 1995).

Tabela 2 – Densidade aparente (valor médio e desvio padrão) dos extrusados de pupunha e mandioca, antes e após a fritura.

Densidade aparente					
Extrusado cru (% de farinha de pupunha*)			Extrusado Frito (% de farinha de pupunha*)		
15	20	25	15	20	25
0,97±0,05a	1,02±0,00a	0,89±0,04b	0,25±0,01b	0,35±0,01a	0,34±0,00a

Médias com letras iguais em uma mesma linha, dentro de cada grupo de produto (cru ou frito), não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

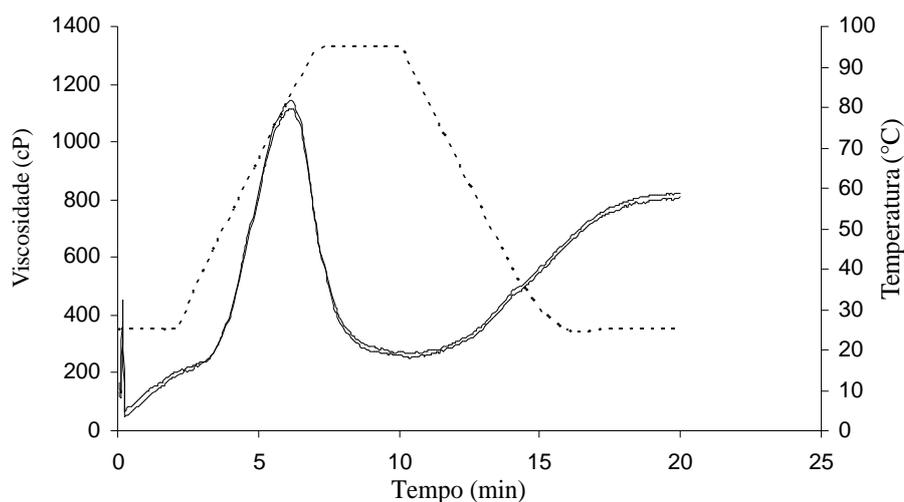


Figura 1 – Viscosidade de pasta de extrusados obtidos a partir de farinhas mistas de pupunha a 15% e mandioca a 85% (□), replicata da análise (□) e curva da temperatura (...).

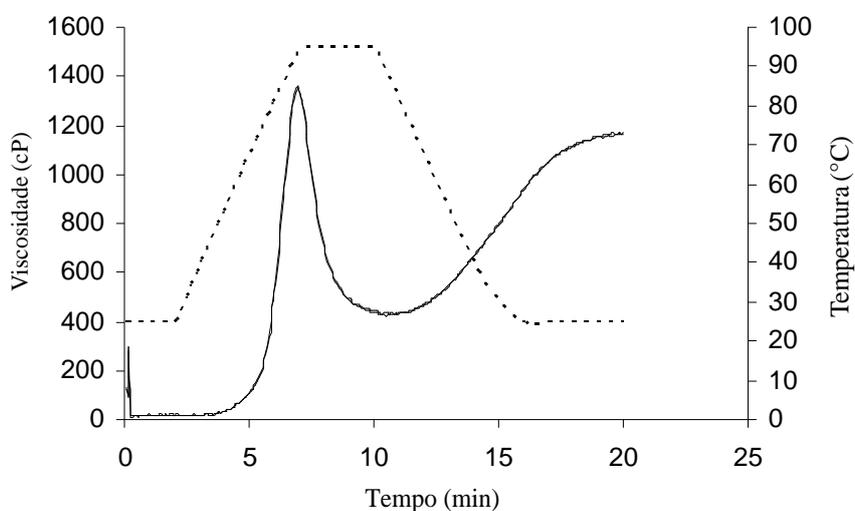


Figura 2 – Viscosidade de pasta de extrusados obtidos a partir de farinhas mistas de pupunha a 20% e mandioca a 80% (—), replicata da análise (□) e curva da temperatura (...).

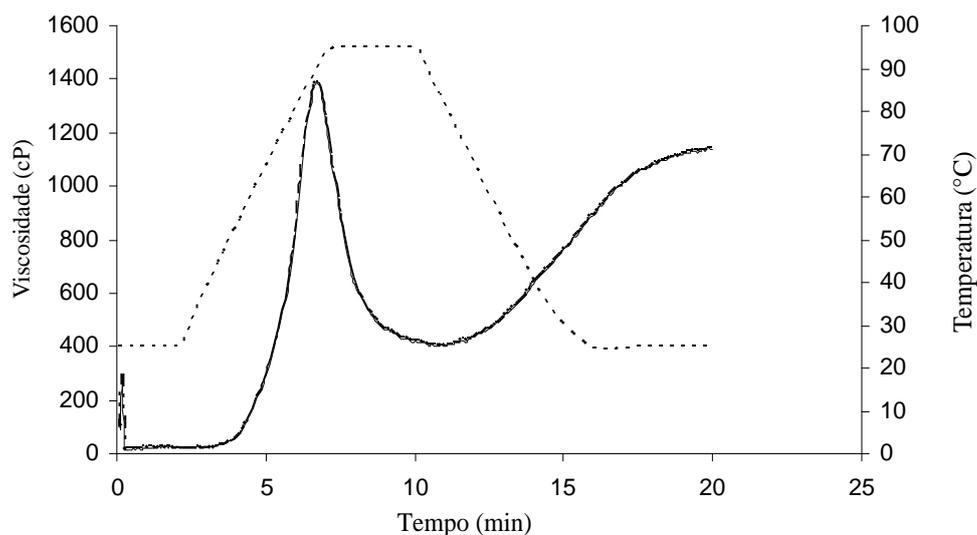


Figura 3 – Viscosidade de pasta de extrusados obtidos a partir de farinhas mistas de pupunha a 25% e mandioca a 75% (—), replicata da análise (□) e curva da temperatura (...).

Tabela 3 – Viscosidade inicial a 25°C, viscosidade máxima e viscosidade final (valor médio e desvio padrão) de extrusados de misturas de farinhas de pupunha e mandioca, antes da fritura.

Viscosidade (cP)	Farinha de pupunha (%)		
	15	20	25
Inicial	55±7,07 ^a	13±2,83 ^b	17±2,12 ^b
Máxima	1130±21,92 ^b	1356±4,95 ^a	1388±1,41 ^a
Final	823±11,31 ^b	1177±7,07 ^a	1139±1,41 ^a

Médias com letras iguais, em uma mesma linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

A viscosidade máxima ou viscosidade a quente é o valor da viscosidade no ponto máximo da curva, obtido durante o ciclo de aquecimento e indica as possibilidades de utilização da farinha extrusada. Esses valores no RVA tornam-se importantes também quando, por exemplo, a farinha for destinada ao preparo de sopas, tortas ou outros alimentos em que é necessário conservar a viscosidade em temperaturas acima da ambiente. De acordo com os resultados de viscosidade para as três amostras analisadas (Figura 1 e Tabela 3), observa-se para a formulação com 15% de farinha de pupunha, o menor valor para a viscosidade máxima (1130cP), o qual difere estatisticamente dos demais.

A viscosidade final, avaliada durante o ciclo de resfriamento, está relacionada com a retrogradação do amido. O amido é constituído por duas frações: amilose e amilopectina. Quando soluções amiláceas são resfriadas, ocorre formação de géis ou precipitados microcristalinos, dependendo da concentração das soluções e velocidade de resfriamento. Soluções concentradas e resfriadas rapidamente tendem a formar géis, enquanto que soluções mais diluídas precipitam em razão da tendência para formação de ligações intermoleculares da fração amilose, o que não acontece com a amilopectina, em razão das ramificações presentes na molécula. Esse reagrupamento entre as frações amilose e amilopectina é conhecido como retrogradação, e confere na maioria dos casos, um aumento na viscosidade final (Bobbio & Bobbio, 2003). Esse fato, pode ser observado nas Figuras 1, 2 e 3, verificando-se, para as formulações com 15%, 20% e 25% de pupunha, viscosidades finais de 823, 1171 e 1139cP, respectivamente (Tabela 3).

Por outro lado, a interferência de materiais de peso molecular superior ao que ocorre com as cadeias de amilose e amilopectina ocasionará prováveis alterações nas propriedades funcionais do amido puro como, por exemplo, a retrogradação e capacidade de absorção de água.

De acordo com Ramírez & Wanderley (1997), a umidade atua como lubrificante no barril, durante a extrusão, quando são utilizadas porcentagens altas de umidade de condicionamento das farinhas, como 25, 30 e 35%. Isso significa que, durante a extrusão, os níveis de transformação do amido não são muito altos, quando comparamos com o processo de extrusão de expansão direta, onde se utiliza umidade de 13-14%, ou seja, há uma relação indireta entre a umidade de processamento e grau de degradação ou conversão do material extrusado.

Índice de Absorção de Água (IAA) e Índice de Solubilidade em Água (ISA)

Na Tabela 4, encontram-se os resultados para as propriedades funcionais IAA (Índice de Absorção de

Água) e ISA (Índice de Solubilidade de Água) dos extrusados de pupunha e mandioca.

Tabela 4 – Resultados de índice de absorção de água e índice de solubilidade em água (valor médio e desvio padrão) de extrusados de misturas de farinhas de pupunha e mandioca, antes da fritura.

Análise	Farinha de pupunha (%)		
	15	20	25
IAA (g/g)	6,48±0,27a	5,01±0,23b	5,03±0,08b
ISA (%)	7,34±0,20a	6,37±0,26b	5,37±0,34c

Médias com letras iguais, em uma mesma linha, não diferem entre si pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

O índice de absorção de água indica a quantidade de água absorvida pelos grânulos de amido inchados e/ou embebidos em água (Anderson et al., 1969). O índice de solubilidade indica o grau de severidade do tratamento térmico e a conseqüente desramificação da estrutura das moléculas de menor peso molecular.

Os resultados de IAA e ISA em amostras de materiais extrusados por expansão direta possuem comportamento diferente das amostras obtidas para obtenção de extrusados de terceira geração. A diferença fundamental está no fato da umidade de processamento utilizada para extrusados de terceira geração ser alta, não permitindo assim, a expansão na saída da matriz (Ramírez & Wanderley, 1997).

O IAA está relacionado com a viscosidade de pasta a frio, pois somente os grânulos de amido danificados absorvem água à temperatura ambiente e se incham, resultando em incremento da viscosidade. Depois dos grânulos de amido alcançarem um máximo de absorção, o IAA decresce com o começo da dextrinização (Linko et al., 1980). O maior ou menor valor de IAA é determinado pela intensidade de ocorrência da gelatinização e fragmentação. Cardoso Filho (1993) relata que grãos de amido gelatinizados absorvem mais água que os grãos de amido nativos e as proteínas, em virtude das mudanças conformacionais em suas estruturas, como alteração no seu balanço hidrofílico-hidrofóbico, além de outros eventos provocados pela extrusão, podendo contribuir para elevar ou reduzir o IAA.

O índice de solubilidade em água (ISA) está relacionado à quantidade de sólidos solúveis em uma amostra seca, permitindo verificar o grau de severidade do tratamento, em função da degradação, gelatinização, dextrinização e conseqüente solubilização do amido. De

maneira geral, o ISA aumenta com a severidade do tratamento (Mercier & Feillet, 1975; Carvalho et al., 2002).

Umidades de processamento relativamente altas e temperaturas baixas acarretam um menor cisalhamento da massa e, conseqüentemente, uma degradação macromolecular também menor. No presente estudo, a umidade de 35% não permitiu a expansão na saída da matriz, resultando em graus intermediários de gelatinização e, conseqüentemente valores relativamente baixos ou intermediários de IAA e ISA. O mesmo foi observado por Carvalho et al. (2002), estudando extrusados de terceira geração de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. Os autores encontraram IAA variando de 3,95 a 6,61g/g e ISA de 2,38 a 11,22%, em função da temperatura, umidade e formulação utilizadas. Valores semelhantes também foram observados por Ramírez & Wanderlei (1997), estudando o efeito dos parâmetros de extrusão nas características de extrusados de terceira geração produzidos a partir de trigo e milho. Por outro lado, cabe mencionar que o teor de fibra contido na pupunha tem um efeito inibidor no grau de cozimento do material, decorrente da típica estrutura molecular da fibra, com alto peso molecular. Assim, quanto maior a quantidade de pupunha usada nas formulações, menor o IAA e ISA observado nos extrusados (Tabela 4).

CONCLUSÕES

As farinhas de pupunha e mandioca podem ser misturadas nas proporções de 15:85, 20:80 e 25:75, para a produção de extrusados de terceira geração, observando-se, após o processo de fritura dos extrusados, expansão e, conseqüentemente, redução na densidade aparente dos produtos finais.

A umidade de condicionamento de 35% não permitiu a expansão na saída da matriz, resultando em graus intermediários de gelatinização e, conseqüentemente, valores relativamente baixos ou intermediários de IAA e ISA.

AGRADECIMENTOS

À Agência de Desenvolvimento da Amazônia (ADA) e Secretaria de Estado de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente do Estado do Pará, pelo apoio financeiro e ao CNPq pela concessão da bolsa de Desenvolvimento Científico Regional para o primeiro autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN, L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today*, Saint Paul, v.14, n.1, p.4-11, 1969.

ASCHERI, D.P.R.; ANDRADE, C.T.; CARVALHO, C.W.P.; ASCHERI, J.L.R. Efeito da extrusão sobre a adsorção de água de farinhas mistas pré-gelatinizadas de arroz e bagaço de jabuticaba. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.26, p.325-335, 2006.

ASCHERI, J.L.R.; CARVALHO, C.W.P.; MATSUURA, F.C.A.U. Elaboração de pellets de farinha de raspa de mandioca por extrusão termoplástica (escala piloto e industrial). *Alimentaria*, Madri, v.37, n.309, p.101-106, 2000.

ASCHERI, J.L.R.; CIACCO, C.F.; RIAZ, M.N.; LUSAS, E.W. Efecto de la formulación sobre las expansión y viscosidad de snacks (pellts) producidos por extrusión termoplástica. *Alimentaria*, Madrid, v.268, n.12, p.111-116, 1995.

BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Introdução à química de alimentos**. São Paulo: Varela, 2003. 238p.

CAPRILES, V.D.; ARÊAS, J.A.G. Desenvolvimento de salgadinhos com teores reduzidos de gordura saturada e de ácidos graxos trans. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, Campinas, v.25, n.2, p.363-369, 2005.

CARDOSO FILHO, N. **Efeito de algumas variáveis no processo de extrusão e nas características funcionais da farinha de feijão comum**. 1993. 128p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1993.

CARVALHO, R.V. **Formulações de snacks de terceira geração por extrusão: caracterização textuométrica e microestrutural**. 2000. 89p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

CARVALHO, R.V.; ASCHERI, J.L.R.; CAL-VIDAL, J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.26, n.5, p.1006-1018, set./out. 2002.

CARVALHO, A.V.; VASCONCELOS, M.A.M.; SILVA, P.A.; ASCHERI, J.L.R. Produção de *snacks* de terceira geração por extrusão de misturas de farinhas de pupunha e mandioca. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, 2009. No prelo.

GUY, R. **Extrusión de los alimentos**. Zaragoza: Acribia, 2001. 208p.

LINKO, Y.Y.; VUORIEN, H.; OLKKU, J.; LINKO, P. The effect of HTST on retention of cereal alfa-amylase activity and enzymatic hydrolysis of barley starch. In: LINKO, P.; LARINKARI, J. (Eds.). **Food processing engineering**. London: Elsevier Applied Science, 1980. v.2, p.210-223.

MERCIER, C.; FEILLET, P. Modification of carbohydrate components by extrusion-cooking of cereal products. **Cereal Chemistry**, Saint Paul, v.52, n.3, p.283-297, 1975.

RAMIREZ, J.L.A.; WANDERLEY, C.P. Effect de los parametros de extrusion, características de pasta y textura de pellets (snacks de terceira generacion) producidos a partir de trigo y maiz. **Alimentaria**, Madrid, v.279, n.1, 1997.

STATISTICALANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. **SAS for Windows**. Versão 8.0 SAS®. Carry, 1999.

TSEN, H.Y.; CHEN, M.L.; HSIEH, Y.M.; SHEU, S.J.; CHEN, Y.L. *Bacillus cereus* group strains, their He-molysin BL Activity, and their Detection in Foods Using a 16s RNA and Hemolysin BL Gene-Targeted Multiplex Polymerase Chain Reaction System. **Journal of Food Protection**, Iowa, v.63, n.11, p.1496-1502, 2000.

YUYAMA, L.K.O.; COZZOLINO, S.M.F. Efeito da suplementação com pupunha como fonte de vitamina A em dieta: estudo em ratos. **Revista de Saúde Pública**, São Paulo, v.30, n.1, 1996.

YUYAMA, L.K.O.; FÁVARO, R.M.D.; YUYAMA, K.; VANNUCCHI, H. Bioavailability of vitamin A from peach palm (*Bactris gasipaes* H.B.K.) and mango (*Mangifera indica* L.) in rats. **Nutrition Research**, Cambridge, v.11, p.1167-1175, 1991.