

OBTENÇÃO DA FARINHA DE TAPIOCA: PARTE 1 – AVALIAÇÃO DO PROCESSO

PRISCILLA ANDRADE SILVA*
ROBERTO LISBOA CUNHA**
ALESSANDRA SANTOS LOPES***
ROSINELSON DA SILVA PENA****

Na primeira etapa deste estudo utilizou-se planejamento experimental para avaliar o efeito da temperatura de escaldamento e da umidade dos grânulos de fécula comercial, após o escaldamento, sobre propriedades importantes da farinha de tapioca, submetida à espocagem a 240°C. Na segunda etapa foram obtidas farinhas de féculas extraídas das raízes de mandioca das variedades Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho, utilizando-se escaldamento a 190°C e espocagem a 240°C, além de espocagem a 190°C sem escaldamento. O planejamento indicou que maiores temperaturas de escaldamento e menores umidades dos grânulos, após o escaldamento, proporcionam farinhas com menores densidades aparentes e, conseqüentemente, mais expandidas. As propriedades tecnológicas das farinhas de tapioca produzidas com as féculas das raízes de mandioca variedades Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho indicaram que as farinhas obtidas sem a etapa de escaldamento, com espocagem direta a 190°C, sofreram maior expansão. A fécula da variedade Pocu proporcionou a farinha mais expandida e, conseqüentemente, com maior índice de solubilidade em água e maior higroscopicidade.

PALAVRAS-CHAVE: Manihot esculenta; FÉCULA; ESCALDAMENTO.

- * Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Pará (UFPA), Belém, PA, Brasil (e-mail: prisciandra@yahoo.com.br).
- ** Doutor em Ciências Agrárias, Pesquisador, Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA, Brasil (e-mail: rlisboa@cpatu.embrapa.br).
- *** Doutora em Tecnologia de Alimentos, Professor Adjunto, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Instituto de Tecnologia, UFPA, Belém, PA, Brasil (e-mail: aslopes@ufpa.br).
- **** Doutor em Engenharia Química, Professor Associado, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Instituto de Tecnologia, UFPA, Belém, PA, Brasil (e-mail: rspena@ufpa.br).

1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) constitui um dos vegetais mais cultivados no mundo, especialmente nos trópicos, sendo o Brasil um dos principais países produtores (NWOKOCHA *et al.*, 2009; FRANCK *et al.*, 2011). Por representar importante fonte de amido para a indústria de alimentos vem ganhando destaque, tanto no cenário agrícola nacional como no internacional (BELEIA *et al.*, 2006; CARVALHO *et al.*, 2012). A mandioca cultivada no estado do Pará, maior produtor brasileiro, destina-se principalmente para o processamento da farinha de mesa (SOUZA *et al.*, 2008; IBGE, 2011).

A fécula de mandioca, conhecida em algumas regiões brasileiras como polvilho doce ou goma, é um pó fino, branco, inodoro e insípido, que produz ligeira crepitação quando comprimido entre os dedos. Trata-se de polissacarídeo natural, constituído de cadeias lineares (amilose) e de cadeias ramificadas (amilopectina) (OSUNDAHUNSI, SEIDU e MUELLER, 2011). Representa o produto mais nobre extraído das raízes da mandioca e sua utilização ocorre em mais de mil segmentos, principalmente nas indústrias alimentícia, de plásticos e na siderurgia (FENNEMA, 1996; CEREDA e VILPOUX, 2003).

A farinha de tapioca, alimento produzido artesanalmente a partir da fécula de mandioca purificada, é muito consumida na Região Amazônica na forma de mingaus, roscas, bolos, pudins, sorvetes e como acompanhamento da bebida regional açaí. O produto, entretanto, apresenta peculiaridades inerentes às condições do processo utilizado no seu beneficiamento (CEREDA e VILPOUX, 2003; SILVA *et al.*, 2013; CHISTÉ *et al.*, 2012).

No estado do Pará, particularmente na Zona Bragantina, estão situadas as casas de farinha de tapioca destinadas a sua produção de forma artesanal e em pequena escala (GUIMARÃES *et al.*, 1998; CEREDA e VILPOUX, 2003). De acordo com informações técnicas da EMATER/PA, o principal produtor paraense situa-se na localidade de Americano, município de Santa Izabel do Pará (PA). A padronização do processo de produção da farinha de tapioca pode representar importante contribuição para a industrialização do produto, elaborado de forma totalmente artesanal, sem nenhum controle tecnológico efetivo (SILVA *et al.*, 2013).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da temperatura de escaldamento e da umidade dos grânulos após escaldamento sobre características tecnológicas da farinha de tapioca, obtida a partir de fécula comercial, e caracterizar farinhas de tapioca de féculas extraídas de três variedades de mandioca produzidas no estado do Pará.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATÉRIA-PRIMA

Na primeira parte da pesquisa utilizou-se fécula comercial e na segunda, féculas extraídas das raízes das seguintes variedades de mandiocas empregadas pelos produtores de goma e farinha de tapioca do estado do Pará: Pai Ambrósio, procedente do município de Acará (PA); Pocu, do município de Santo Antônio do Tauá (PA) e Paulo Velho, do município de Ourém (PA). Todas as raízes estudadas são provenientes de plantas com 14 meses de idade.

2.2 PROCESSO DE OBTENÇÃO DA FARINHA DE TAPIOCA

Para o processamento das farinhas de tapioca tomou-se como base a metodologia descrita por Cereda e Vilpoux (2003), com adaptações.

2.2.1 Umidificação da fécula

A umidade da fécula foi aferida para valor fixo de acordo com cada experimento, adicionando-

se água em quantidade estabelecida pela Equação 1:

$$Y = (U_f - U_i) \times P / 100 - U_f \quad (1)$$

Em que:

Y = quantidade de água adicionada (mL); U_f = umidade final da fécula; U_i = umidade inicial da fécula; P = peso inicial da fécula (g).

2.2.2 Peneiramento

Após a umidificação, a fécula foi pressionada contra peneira de malha 3,0 mm de forma a produzir os grânulos.

2.2.3 Moldagem dos grânulos (encaroçamento)

A operação de moldagem foi realizada com auxílio de aparato constituído de tecido de algodão esticado numa moldura, denominado de caroçadeira. Os grânulos foram moldados mediante movimento leve e giratório com as mãos sobre a caroçadeira. Utilizou-se peneira com abertura de 3,0 mm para a classificação dos grânulos por tamanho.

2.2.4 Escaldamento

Com o objetivo de gelatinizar parcialmente o amido superficial, os grânulos foram escaldados em temperatura fixa em forno de dimensão laboratorial (similar aos utilizados no beneficiamento artesanal da farinha). Os grânulos sofreram revolvimento constantemente para evitar a aderência de uns aos outros. A temperatura e o tempo do escaldamento foram definidos de acordo com cada experimento. Controlou-se a temperatura do forno com auxílio de termômetro infravermelho da marca ICEL, modelo TD950PRO, com taxa de temperatura de -20 a 270°C.

2.2.5 Descanso

Após o escaldamento, os grânulos foram deixados em repouso por aproximadamente 24 horas em temperatura ambiente ($\approx 25^\circ\text{C}$) e embalados em sacos de polietileno.

2.2.6 Espocagem

Os grânulos foram submetidos a espocagem no mesmo forno utilizado para o escaldamento, em temperatura e tempo definidos de acordo com cada experimento. Essa etapa caracteriza-se pela expansão dos grânulos como “pipocas”, os quais tornam-se brancos e opacos com aparência de isopor.

2.2.7 Peneiramento

As farinhas de tapioca foram classificadas por tamanho, em peneiras com abertura de 4,75 mm (4 *mesh*); 3,35 mm (6 *mesh*) e 2,36 mm (8 *mesh*).

2.2.8 Embalagem

As farinhas foram embaladas em sacos de polietileno de 200 g e armazenadas em temperatura ambiente ($\approx 25^\circ\text{C}$) até o momento das análises.

2.3 PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL

Para avaliar o processo de obtenção da farinha de tapioca utilizou-se planejamento fatorial completo em três níveis do tipo 3^2 , com duas repetições no ponto central (BARROS NETO,

SCARMINIO e BRUNS 1996), tendo como variáveis de entrada (independentes) temperatura de escaldamento dos grânulos e umidade dos grânulos após escaldamento, e como variáveis de saída (dependentes) umidade da farinha, tempo de espocagem, densidade aparente, atividade de água, cor instrumental e granulometria. Os grânulos de fécula com 40% de umidade foram submetidos à escaldamento nas diferentes condições de temperatura por tempos pré-definidos mediante cinética de perda de água até que se obtivesse a umidade desejada. Realizou-se a espocagem a 240°C em todos os ensaios. Nessa etapa do estudo utilizou-se fécula comercial, sendo as condições de processo estabelecidas com base em informações de produtores (processamento totalmente artesanal).

2.4 OBTENÇÃO DA FARINHA DE TAPIOCA A PARTIR DAS FÉCULAS

Com base nos resultados do planejamento experimental, realizado com a fécula comercial, foram produzidas farinhas de tapioca com as féculas obtidas das raízes das três variedades de mandioca estudadas (Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho). A partir de cada fécula foram elaboradas duas farinhas de tapioca, uma com escaldamento e outra sem escaldamento. Realizaram-se ensaios sem escaldamento para avaliar a qualidade do produto em relação ao obtido com escaldamento (método convencional).

Nas duas condições de processo utilizaram-se grânulos de fécula com 40% de umidade e tamanho superior a 3,35 mm (peneira 6 *mesh*) (CEREDA e VILPOUX, 2003). O escaldamento foi realizado a 190°C até umidade residual de 20%, seguido da etapa de torração (espocagem) a 240°C. A espocagem das farinhas não escaldadas ocorreu diretamente a 190°C, pois ensaios preliminares evidenciaram que temperaturas superiores favorecem a aglomeração dos grânulos impedindo a espocagem e mesmo a torração (crocância) dos grânulos. O tempo de espocagem variou de 3,5 a 4,5 minutos.

2.5 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E TECNOLÓGICA DAS FARINHAS

2.5.1 Análise granulométrica

A análise granulométrica das farinhas ocorreu em classificador vibratório marca Produtest e conjunto de peneiras equivalentes a 4, 6, 9 e 20 *mesh* e base ABNT. O tempo de peneiramento foi de 10 minutos com intensidade de vibração correspondente à posição nº 8 do reostato do aparelho, de acordo com o método 965.22 da AOAC (1997).

2.5.2 Índice de absorção de água e índice de solubilidade em água

Os índices de absorção de água (IAA) e de solubilidade em água (ISA) das farinhas foram determinados segundo metodologia descrita por Anderson *et al.* (1969).

2.5.3 Densidade aparente

Determinou-se a densidade aparente (ρ) das farinhas de tapioca a partir da relação entre a massa de sementes de canola deslocada (p) e o seu volume equivalente (v) ($\rho = p/v$) (RAMÍREZ e WANDERLEI, 1997).

2.5.4 Higroscopicidade

Para a determinação da higroscopicidade das farinhas colocou-se, aproximadamente, 1 g da amostra em recipiente hermético contendo solução saturada de NaCl (umidade relativa de 75%). A higroscopicidade foi definida como a umidade de equilíbrio atingida pelas farinhas, quando expostas à referida umidade relativa (TONON, BRABET e HUBINGER, 2009).

2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados das análises tecnológicas das farinhas de tapioca foram avaliados mediante análise de variância (ANOVA) e teste complementar de comparação de médias de Tukey, com o auxílio do programa *Statistica*® versão 7.0 (STATSOFT INC., 2004). O mesmo aplicativo foi utilizado na avaliação dos resultados do planejamento experimental do processo de obtenção das farinhas de tapioca, mediante análise de variância (ANOVA) e verificação dos efeitos significativos ($p \leq 0,05$).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVALIAÇÃO DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DA FARINHA DE TAPIOCA

Na Tabela 1 apresenta-se a matriz de experimentos utilizada e os valores de umidade, tempo de espocagem, densidade aparente, atividade de água, cor instrumental e granulometria das farinhas de tapioca obtidos com a fécula comercial.

TABELA 1 - RESULTADOS DOS EXPERIMENTOS DO PLANEJAMENTO FATORIAL COMPLETO PARA AS RESPOSTAS UMIDADE, TEMPO DE ESPOCAGEM, DENSIDADE APARENTE, ATIVIDADE DE ÁGUA, COR INSTRUMENTAL E GRANULOMETRIA DA FARINHA DE TAPIOCA

Ensaio	Variável padrão		Variáveis de resposta							
	T (°C)	M _i (%)	M _p (%)	θ _p (min)	ρ (g/mL)	a _w	L*	Cor a*	b*	Granulometria >6 mesh (%)
1	150	15	4,9	2,0	0,285	0,416	76,51	1,03	8,36	78,0
2	150	20	5,1	2,2	0,305	0,389	77,20	0,76	7,47	69,3
3	150	25	4,3	2,5	0,300	0,383	78,89	0,81	7,93	68,9
4	170	15	5,3	2,0	0,260	0,424	76,06	0,77	7,80	82,6
5	170	20	5,3	2,3	0,281	0,323	75,30	0,76	10,72	69,6
6	170	20	5,8	2,3	0,281	0,392	72,38	0,48	9,00	77,6
7	170	20	4,2	2,3	0,274	0,474	74,20	0,69	8,04	76,0
8	170	25	4,2	2,5	0,285	0,293	76,50	0,61	7,07	75,0
9	190	15	4,4	2,4	0,255	0,407	75,70	0,57	7,25	76,6
10	190	20	3,2	3,1	0,250	0,267	75,42	0,42	6,62	72,1
11	190	25	3,0	3,6	0,275	0,310	77,56	0,80	7,97	76,2

T = temperatura de escaldamento dos grânulos (°C); M_i = umidade inicial dos grânulos após escaldamento (%); M_p = umidade final da farinha (%); θ_p = tempo de espocagem (min); ρ = densidade aparente da farinha (g/mL); a_w = atividade de água da farinha; >6 mesh = >3,35 mm.

De acordo com a análise estatística, as variáveis temperatura de escaldamento dos grânulos (T) e umidade dos grânulos após escaldamento (M_i) exerceram influência significativa apenas sobre

a densidade aparente da farinha de tapioca, com intervalo de confiança de 95% (Figura 1). A análise de variância para essa variável pode ser observada na Tabela 2.

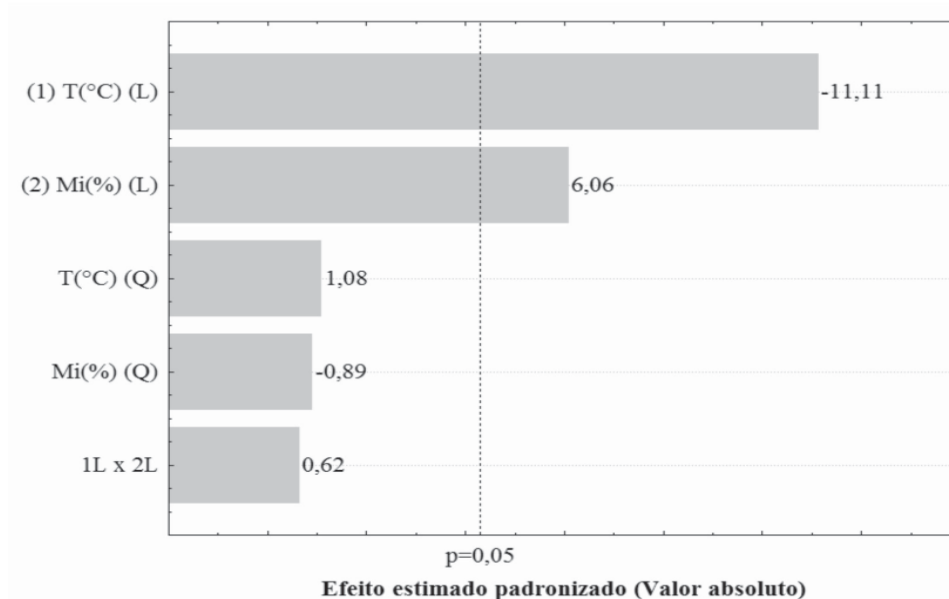


FIGURA 1 - GRÁFICO DE PARETO COM AS ESTIMATIVAS DOS EFEITOS DAS VARÁVEIS TEMPERATURA DE ESCALDAMENTO DOS GRÂNULOS E UMIDADE DOS GRÂNULOS APÓS ESCALDAMENTO SOBRE A DENSIDADE APARENTE DA FARINHA DE TAPIOCA

TABELA 2 - ANOVA PARA O EFEITO DAS VARIÁVEIS TEMPERATURA DE ESCALDAMENTO DOS GRÂNULOS E UMIDADE DOS GRÂNULOS APÓS ESCALDAMENTO SOBRE A DENSIDADE APARENTE DA FARINHA DE TAPIOCA

Fonte	SQ	GL	MQ	F _{calculado}	F _{tabelado}
Regressão	0,002655	5	0,0005310	7,85	5,05
Resíduos	0,000338	5	0,0000676	0,66	5,41
Falta de ajuste	0,000306	3	0,0001020		
Erro puro	0,000033	2	0,0000160		
Total	0,002987	10			
R ²	0,89				

SQ = soma quadrática; GL = grau de liberdade; MQ = média quadrática; R² = coeficiente de correlação.

O valor do coeficiente de correlação (R²) indica que 89% da variabilidade na resposta pode ser explicada pelo modelo. Avaliando os valores de F_{calculado} para a regressão (7,85) e para o resíduo (0,66), com F_{tabelado} para a regressão de 5,05 e para o resíduo de 5,41, verifica-se que o F_{calculado} para a regressão foi significativo e que para o resíduo não apresentou significância estatística. Portanto, o modelo ajustado para a variável densidade aparente foi considerado significativo. A superfície de resposta estimada pelo modelo (Equação 2) está representada na Figura 2:

$$\rho = 0,60 - 3,49 \times 10^{-3}T + 6,84 \times 10^{-6}T^2 + 3,49 \times 10^{-3}M_i - 9,05 \times 10^{-5}M_i^2 + 1,25 \times 10^{-5}TM_i \quad (2)$$

Em que:

ρ = densidade aparente; T = temperatura de escaldamento dos grânulos; M_i = umidade dos grânulos após escaldamento.

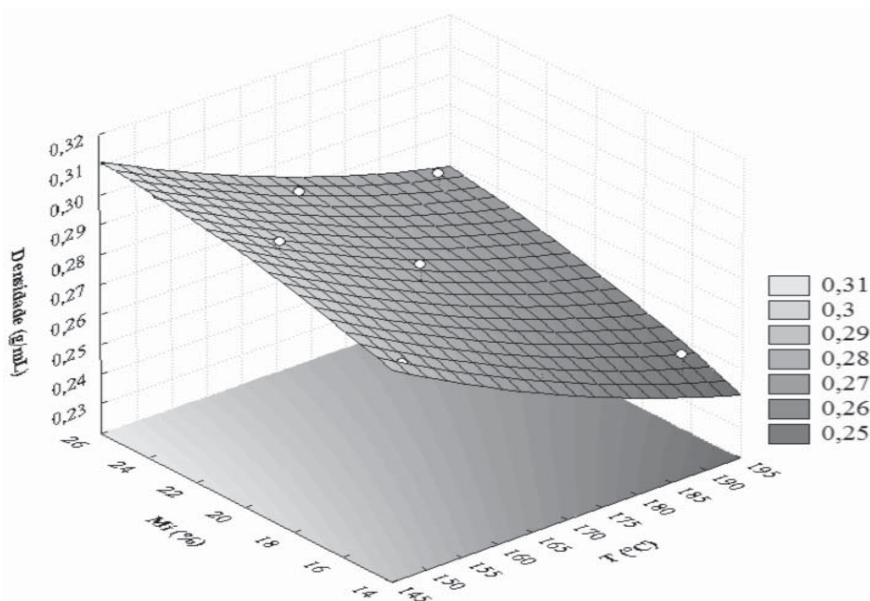


FIGURA 2 - SUPERFÍCIE DE RESPOSTA PARA EFEITOS DAS VARÁVEIS TEMPERATURA DE ESCALDAMENTO DOS GRÂNULOS E UMIDADE DOS GRÂNULOS APÓS ESCALDAMENTO SOBRE A DENSIDADE APARENTE DA FARINHA DE TAPIOCA

Analisando a superfície de resposta da Figura 2 observa-se que a redução da temperatura de escaldamento para níveis elevados de umidade dos grânulos após escaldamento provocou aumento na densidade das farinhas. Tal resultado pode ser atribuído ao avanço do processo de gelatinização do amido para regiões mais internas dos grânulos, devido diminuição das taxas de transferência de massa (perda de água) quando o escaldamento ocorreu em menores temperaturas.

A formação de camada de amido gelatinizado mais espessa na superfície dos grânulos dificultou a espocagem dos mesmos e sua expansão.

3.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E TECNOLÓGICA DAS FARINHAS PRODUZIDAS COM AS FÉCULAS EXTRAÍDAS

As farinhas de tapioca obtidas a partir das féculas extraídas das raízes das variedades Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho, com base nos resultados do planejamento experimental realizado, foram caracterizadas em relação a propriedades importantes para farinhas à base de amido.

3.2.1 Análise granulométrica

Os resultados da análise granulométrica das farinhas de tapioca estão apresentados na Tabela 3. De acordo com a distribuição do tamanho das partículas, de maneira geral, a maior fração das farinhas de tapioca não escaldadas (80,6-83,7%) apresentou grânulos com diâmetro superior a 3,35 mm, enquanto a maior fração das farinhas escaldadas (80,7-86,3%) continha grânulos com diâmetro entre 2,00 e 3,35 mm. Esse comportamento indica que as farinhas que não sofreram escaldamento apresentaram maior expansão dos grânulos durante a espocagem.

TABELA 3 - ANÁLISE GRANULOMÉTRICA DAS FARINHAS DE TAPIOCA PRODUZIDAS COM AS FÉCULAS DAS VARIEDADES DE MANDIOCA PAI AMBRÓSIO, POCU E PAULO VELHO EM DIFERENTES CONDIÇÕES

Processo	Origem da fécula (variedade)	Tamanho de partículas (<i>mesh</i>)				
		>4	4-6	6-9	9-20	<20
Não escaldada	Pai Ambrósio (%)	16,40 ± 0,14 ^b	65,10 ± 0,14 ^a	8,75 ± 0,67 ^a	5,45 ± 1,34 ^a	4,30 ± 0,01 ^a
	Pocu (%)	25,55 ± 1,06 ^a	55,00 ± 0,14 ^b	9,15 ± 2,19 ^a	6,10 ± 0,71 ^a	4,20 ± 0,28 ^a
	Paulo Velho (%)	21,45 ± 1,07 ^b	62,30 ± 1,13 ^a	9,05 ± 0,39 ^a	4,55 ± 0,21 ^a	2,65 ± 0,07 ^b
Escaldada	Pai Ambrósio (%)	6,10 ± 0,28 ^a	47,00 ± 1,98 ^b	33,70 ± 0,56 ^b	9,20 ± 0,71 ^a	4,20 ± 0,14 ^a
	Pocu (%)	7,05 ± 0,35 ^a	54,00 ± 0,12 ^a	28,65 ± 0,74 ^c	5,80 ± 0,49 ^a	4,35 ± 0,48 ^a
	Paulo Velho (%)	3,35 ± 0,49 ^b	37,10 ± 1,84 ^c	49,20 ± 1,20 ^a	4,70 ± 1,27 ^a	5,65 ± 0,65 ^a

Médias com letras iguais, na mesma coluna, não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; valores representam a média das triplicatas ± desvio-padrão. Abertura das peneiras: 4 *mesh* (4,75 mm); 6 *mesh* (3,35 mm); 9 *mesh* (2,00 mm) e 20 *mesh* (0,85 mm).

Tomando como base as frações retidas nas respectivas peneiras pode-se afirmar que praticamente não houve interferência das variedades de mandioca na expansão dos amidos delas originados. No entanto, verificou-se influência altamente significativa para o tipo de processo utilizado.

3.2.2 Índice de absorção de água e índice de solubilidade em água

A Tabela 4 apresenta os resultados das propriedades funcionais índice de absorção de água (IAA) e índice de solubilidade de água (ISA) das farinhas de tapioca. O IAA está relacionado com a disponibilidade de grupos hidrofílicos (-OH) em se ligar às moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido. Os valores de IAA das farinhas foram baixos (4,93 a 6,78 g gel/g MS) quando comparados aos observados por Ladeira e Pena (2011) (20,0 g gel/g MS) e Charles *et al.* (2005) (27,2-42,3 g gel/g MS) para amidos nativos de diferentes cultivares de mandioca. No entanto, mostraram-se superiores aos encontrados por Lustosa, Leonel e Mischon (2009) (3,90-4,69 g gel/g) para a farinha de mandioca. Atribui-se o reduzido valor de IAA para as farinhas à gelatinização do amido, devido ao processo de torração (aquecimento). Tanto o processo utilizado, quanto a origem do amido demonstraram pouca interferência sobre o IAA das farinhas de tapioca produzidas.

O ISA, que mede o grau de degradação total do grânulo de amido, sofreu grande variação entre as farinhas produzidas (6,96 a 18,94%), tanto em função do processo utilizado quanto da origem do amido, exceto para a variedade de mandioca Pai Ambrósio (variação não significativa, $p \leq 0,05$). No entanto, os valores verificados são da ordem de grandeza dos observados para as farinhas de tapioca comerciais (6,77 a 19,27%) (SILVA *et al.*, 2013). O ISA das farinhas sem escaldamento foi mais que o dobro do observado para as farinhas obtidas com escaldamento para as variedades Pocu (18,94 e 6,96%, respectivamente) e Paulo Velho (16,83 e 7,43%, respectivamente).

TABELA 4 - CARACTERIZAÇÃO TECNOLÓGICA DAS FARINHAS DE TAPIOCA PRODUZIDAS COM AS FÉCULAS DAS VARIEDADES DE MANDIOCA PAI AMBRÓSIO, POCU E PAULO VELHO EM DIFERENTES CONDIÇÕES

Processo	Parâmetro	Origem da fécula (variedade)		
		Pai Ambrósio	Pocu	Paulo Velho
Não escaldada	IAA (g de gel/g MS)	6,78 ± 0,03 ^{a,A}	6,52 ± 0,22 ^{ab,A}	5,65 ± 0,53 ^{b,A}
	ISA (%)	8,68 ± 1,03 ^{c,A}	18,94 ± 1,17 ^{a,A}	16,83 ± 0,95 ^{b,A}
Escaldada	IAA (g de gel/g MS)	4,93 ± 0,04 ^{b,B}	5,41 ± 0,04 ^{a,B}	5,28 ± 0,21 ^{ab,A}
	ISA (%)	9,37 ± 0,09 ^{a,A}	6,96 ± 0,65 ^{b,B}	7,43 ± 0,27 ^{b,B}

Médias com letras minúsculas iguais na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna para o mesmo parâmetro não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; valores representam a média das triplicatas ± desvio-padrão; MS = matéria seca; IAA = Índice de absorção de água; ISA = Índice de solubilidade de água.

3.2.3 Densidade aparente

Na Tabela 5 são apresentados os valores da densidade aparente das farinhas de tapioca produzidas com e sem escaldamento. A densidade constitui parâmetro característico importante na farinha de tapioca, pois sua redução indica maior expansão dos grânulos na etapa de espocagem (torração). Os valores de densidade aparente inferiores para as farinhas sem escaldamento (0,27-0,41 g/cm³), quando comparados com as farinhas escaldadas (0,43-0,52 g/cm³), comprovam os resultados da análise granulométrica. A farinha obtida com a fécula da variedade Pacu, sem escaldamento, apresentou a menor densidade aparente (0,27 g/cm³) e maior expansão. A farinha menos expandida foi obtida com a fécula da variedade Paulo Velho, com escaldamento, que apresentou a maior densidade aparente (0,52 g/cm³).

A densidade aparente de todas as farinhas (0,27-0,52 g/cm³), independente do processo e da origem da fécula utilizados, foi em geral superior aos valores observados para as farinhas obtidas com a fécula comercial (0,25-0,31 g/cm³) na etapa de avaliação do processo de obtenção da farinha de tapioca (Tabela 1). De acordo com os valores, as farinhas obtidas com a fécula da variedade Pacu mostraram maior expansão. Todas as farinhas apresentaram densidade aparente na faixa encontrada para farinhas de tapioca comerciais (0,10 e 0,61 g/cm³) (SILVA *et al.*, 2013).

TABELA 5 - DENSIDADE APARENTE DAS FARINHAS DE TAPIOCA PRODUZIDAS COM AS FÉCULAS DAS VARIEDADES DE MANDIOCA PAI AMBRÓSIO, POCU E PAULO VELHO EM DIFERENTES CONDIÇÕES

Processo	Parâmetros	Origem da fécula (variedade)		
		Pai Ambrósio	Pocu	Paulo Velho
Não escaldada	Densidade aparente (g/cm ³)	0,41 ± 0,06 ^{a,A}	0,27 ± 0,01 ^{c,B}	0,35 ± 0,01 ^{b,B}
Escaldada	Densidade aparente (g/cm ³)	0,46 ± 0,06 ^{b,A}	0,43 ± 0,01 ^{b,A}	0,52 ± 0,01 ^{a,A}

Médias com letras minúsculas iguais na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; valores representam a média das triplicatas ± desvio-padrão.

3.2.4 Higroscopicidade das farinhas

Os resultados da determinação da higroscopicidade para as três farinhas estudadas estão apresentados na Tabela 6.

TABELA 6 - HIGROSCOPICIDADE DAS FARINHAS DE TAPIOCA PRODUZIDAS COM AS FÉCULAS DAS VARIEDADES DE MANDIOCA PAI AMBRÓSIO, POCU E PAULO VELHO EM DIFERENTES CONDIÇÕES

Processo	Parâmetro	Origem da fécula (variedade)		
		Pai Ambrósio	Pocu	Paulo Velho
Não escaldada	Higroscopicidade (g H ₂ O/g MS)	0,20 ± 0,01 ^{b,A}	0,56 ± 0,01 ^{a,A}	0,19 ± 0,01 ^{b,A}
Escaldada	Higroscopicidade (g H ₂ O/g MS)	0,24 ± 0,01 ^{a,B}	0,18 ± 0,02 ^{a,B}	0,17 ± 0,01 ^{a,A}

Médias com letras minúsculas iguais na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5% de probabilidade; valores representam a média das triplicatas ± desvio-padrão; MS = matéria seca.

De maneira geral, a higroscopicidade das farinhas de tapioca produzidas variou pouco (0,17-0,24 g H₂O/g MS), independente do processo utilizado e da origem da fécula, exceto para a farinha obtida com a variedade Pocu sem escaldamento que revelou higroscopicidade bem mais elevada (0,56 g H₂O/g MS). Essa farinha apresentou a menor densidade (0,27 g/cm³), indicando que sofreu a maior expansão. Atribuiu-se a maior higroscopicidade dessa farinha à maior área superficial e ao maior grau de degradação dos grânulos de amido, confirmado pelo maior valor de ISA (18,94%). Silva *et al.* (2013) observaram valores de higroscopicidade de 0,17 e 0,58 g H₂O/g MS para farinhas de tapioca comerciais, escaldada e não escaldada, respectivamente. Chisté *et al.* (2012) também observaram higroscopicidade de 0,17 g H₂O/g MS para farinha de tapioca escaldada em ambiente com umidade relativa de 75%.

4 CONCLUSÃO

De acordo com o planejamento experimental realizado, quanto maior a temperatura de escaldamento (150 a 190°C) e menor a umidade dos grânulos (“perolas”) após o escaldamento (25 a 15%) menor foi a densidade aparente da farinha de tapioca submetida a espocagem (torração) a 240°C.

Importantes propriedades da farinha de tapioca como, umidade, atividade de água, cor instrumental (L*, a* e b*) e granulometria não sofreram variação significativa em função das condições de escaldamento (150-190°C) e da umidade dos grânulos (15-25%) após a espocagem a 240°C.

As propriedades tecnológicas das farinhas de tapioca elaboradas com as féculas extraídas das raízes de mandioca das variedades Pai Ambrósio, Pocu e Paulo Velho indicaram que aquelas obtidas sem a etapa de escaldamento e espocagem direta a 190°C sofreram maior expansão.

A fécula da variedade Pocu proporcionou a farinha de tapioca mais expandida, e consequentemente foi o produto que apresentou o maior índice de solubilidade em água e a maior higroscopicidade.

ABSTRACT

OBTAINMENT OF TAPIOCA FLOUR: PART 1 - PROCESS EVALUATION

In the first stage of this study an experimental design was used to assess the effect of scalding temperature and moisture of commercial starch granules and humidity, after scalding, over the properties of *tapioca* flour submitted to bursting at 240°C. In the second stage, *tapioca* flours were obtained with the cassava roots from three varieties, *Pai Ambrósio*, *Pocu* and *Paulo Velho*, using scalding at 190°C and bursting at 240°C, as well as bursting at 190°C without scalding. The experimental design has shown that higher temperatures and lower moisture of granules produced *tapioca* flour with lower bulk density and granules more expanded. The technological properties of *tapioca* flours from all cassava varieties showed that the product obtained by directly bursting at 190°C presented greater expansion. The product of *Pocu* variety produced the more expanded flour among the studied varieties, and consequently with higher water solubility and hygroscopicity.

KEY-WORDS: *Manihot esculenta*; STARCH; SCALDING.

REFERÊNCIAS

- 1 ANDERSON, R. A.; CONWAY, H. F.; PFEIFER, V. F.; GRIFFIN, L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, St. Paul, v.14, n.1, p.4-11, 1969.
- 2 AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis of the AOAC International**. 16th ed. Washington, 1997.
- 3 BARROS NETO, B.; SCARMINIO, I. S.; BRUNS, R. E. **Planejamento e otimização de experimentos**. 2. ed. Campinas: Editora da UNICAMP, 1996. 299 p.
- 4 BELEIA, A.; BUTARELO, S. S.; SILVA, R. S. F. Modeling of starch gelatinization during cooking of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **LWT - Food Science and Technology**, London, v. 39, n. 4, p. 400-405, May/Jun. 2006.
- 5 CARVALHO, A.V.; SECCADIO, L.L.; SOUZA, T.C.; FERREIRA, T.F.; ABREU, L.F. Avaliação físico-química e sensorial de mandioca pré-processada armazenada sob congelamento. **Boletim do CEPPA**, Curitiba, v. 29, n. 2, p. 223-228, jul./dez. 2011.
- 6 CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F. (Coord.). **Tecnologias, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino-americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2003. 711 p. (Série Cultura de tuberosas amiláceas latino-americanas).
- 7 CHARLES, A. L.; CHANG, Y. H.; KO, W. C.; SRIROTH, K.; HUANG, T. C. Influence of amylopectin structure and amylose content on the gelling properties of five cultivars of cassava starches. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington DC, v. 53, n. 7, p. 2717-2725, Mar./Apr. 2005.
- 8 CHISTÉ, R. C.; SILVA, P. A.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Sorption isotherms of tapioca flour. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.47, n.4, p.870-874, Apr./May 2012.
- 9 FENNEMA, O. R. (Ed.) **Food Chemistry**. 3rd ed. New York: Marcel Dekker, 1996. 1069 p.
- 10 FRANCK, H.; CHRISTIAN, M.; NOËL, A.; BRIGITTE, P.; JOSEPH, H. D.; CORNET, D.; MATHURIN, N. C. Effects of cultivar and harvesting conditions (age, season) on the texture and taste of boiled cassava roots. **Food Chemistry**, Amsterdam, v.126, n.1, p.127-133, May/Jun. 2011.
- 11 GUIMARÃES, M. C. F.; BARBOSA, W. C.; OLIVEIRA, M. L. S.; LIMA, C. L. S. Caracterização tecnológica e química do produto farinha de tapioca. In: ENCONTRO DE PROFISSIONAIS DE QUÍMICA DA AMAZÔNIA, 6., 1998, Manaus. **Anais...** Manaus: Associação dos Profissionais de Química da Amazônia, 1998. p. 179-188.
- 12 IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola em 2011**. Servidor de arquivos. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05 jan. 2012.
- 13 LADEIRA, T. M. S.; PENA, R. S. Propriedades físico-químicas e tecnológicas dos polvilhos azedos de três cultivares de mandioca. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 4, p. 631-640, out./dez. 2011.
- 14 LUSTOSA, B. H. B.; LEONEL, M.; MISCHAN, M. M. Influência de parâmetros de extrusão na absorção e solubilidade em água de farinhas pré-cozidas de mandioca e caseína. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 20, n. 2, p. 223-229, abr./jun. 2009.
- 15 NWOKOCHA, L. M.; AVIARA, N. A.; SENAN, C.; WILLIAMS, P. A. A comparative study of some properties of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz) and cocoyam (*Colocasia esculenta*, Linn) starches. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 76, n. 3, p.362-367, Apr./May 2009.

- 16 OSUNDAHUNSI, O. F.; SEIDU, K. T.; MUELLER, R. Dynamic rheological and physicochemical properties of annealed starches from two cultivars of cassava. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v.83, n.1, p.1916–1921, Feb./Mar. 2011.
- 17 RAMIREZ, J. L. A.; WANDERLEY, C. P. Efecto de los parámetros de extrusión, características de pasta y textura de pellets (snacks de tercera generación) producidos a partir de trigo y maíz. **Alimentaria**, Madrid, v. 279, n. 1, p. 93-98, 1997.
- 18 SILVA, P. A.; CUNHA, R. L.; LOPES, A. S.; PENA, R. S. Caracterização de farinhas de tapioca produzidas no estado do Pará. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 1, p. 185-191, jan. 2013.
- 19 SOUZA, J. M. L.; ÁLVARES, V. S.; LEITE, F. M. N.; REIS, F. S.; FELISBERTO, F. A. V. Caracterização físico-química de farinhas oriundas de variedades de mandioca utilizadas no Vale do Juruá, Acre. **ACTA Amazônica**, Manaus, v. 38, n. 4, p. 761-766, out./dez. 2008.
- 20 STATSOFT, INC. **Statistica for Windows [Computer program manual]**. Tulsa, OK, 2004.
- 21 TONON, R. V.; BRABET, C.; HUBINGER, M. D. Influência da temperatura do ar de secagem e da concentração de agente carreador sobre as propriedades físico-químicas do suco de açaí em pó. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 444-450, jun./jul. 2009.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Pará (FAPESPA) pelo suporte financeiro.