

Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina

Evaluation of the sour cassava starch productive processing on factories of Santa Catarina State

Ana Carolina Moura de Sena Aquino¹, Vanessa Maria Gervin¹, Edna Regina Amante^{1*}

¹ Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Florianópolis/SC - Brasil

***Corresponding Author**

Edna Regina Amante, Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Rodovia Admar Gonzaga, 1346, CEP: 88034-001, Florianópolis/SC - Brasil, e-mail: e.amante@ufsc.br

Cite as: Evaluation of the sour cassava starch productive processing on factories of Santa Catarina State. Braz. J. Food Technol., v. 19, e2015055, 2016.

Received: Jul. 06, 2015; Accepted: May 11, 2016

Resumo

O polvilho azedo apresenta um sabor típico, com características diferentes do amido nativo de mandioca. É utilizado, por exemplo, na produção de biscoitos e de pães de queijo, produtos de grande aceitação sensorial no Brasil. Nas últimas décadas, o polvilho perdeu mercado nacional, devido, principalmente, à falta de padrão de suas características tecnológicas, bem como pela substituição deste amido naturalmente modificado por amidos quimicamente modificados, como o modificado por ácido. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as condições do processo produtivo de polvilho azedo em polvilharias de Santa Catarina e caracterizar as amostras coletadas nessas unidades. As amostras apresentaram umidade variando de 11,12 a 15,06 g.100 g⁻¹, pH de 3,11 a 4,82, acidez total titulável de 1,66 a 7,05 mL de NaOH 1 mol.L⁻¹/100 g, volume específico de 5,15 a 10,93 mL.g⁻¹, além das diferenças observadas quanto às concentrações de ácidos orgânicos, propriedades de pasta e outras propriedades de expansão. Os resultados confirmaram a falta de padronização envolvida nas etapas da produção do polvilho azedo, sendo que as condições de fermentação e a secagem são as mais críticas para a qualidade do produto final.

Palavras-chave: Amido de mandioca; Amido de mandioca fermentado; Fermentação de amido de mandioca; Propriedade de expansão.

Summary

The sour cassava starch has a typical taste, with different characteristics of native cassava starch. It is used in the production of biscuits and cheese breads, products with great sensory acceptance in Brazil. In recent decades, the sour cassava starch lost national market due mainly to the lack of standardization of its technological characteristics and by the substitution with starches modified by acids. This study aimed to evaluate the production process conditions of sour cassava starch in factories of Santa Catarina State and to characterize the collected samples. The samples' moisture ranged from 11.12 to 15.06 g.100 g⁻¹, pH from 3.11 to 4.82, titratable acidity from 1.66 to 7.05 mL of NaOH 1 mol.L⁻¹/100 g, specific volume from 5.15 to 10.93 mL.g⁻¹. Differences in the concentrations of organic acids, paste properties and other expansion properties were also observed. Results confirmed the lack of standardization in the production steps of sour cassava starch. Fermentation and drying stages are most critical for the quality of the final product.

Keywords: Cassava starch; Sour cassava starch; Cassava starch fermentation; Expansion property.

1 Introdução

O polvilho azedo é um produto regional e de preparo artesanal obtido pela fermentação do amido de mandioca seguido de secagem ao sol, proporcionando características

distintas do amido de mandioca nativo (MAEDA; CEREDA, 2001). A produção é realizada principalmente por pequenas e médias empresas, geralmente sem controle de qualidade



Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina

Aquino, A. C. M. S. et al.

e de processo, estando dependente substancialmente das condições climáticas, resultando em um produto desuniforme, com problemas de contaminação e muitas vezes com indesejáveis características tecnológicas (CEREDA et al., 1995; CIACCO; CRUZ, 1982; WESTBY; CEREDA, 1994). No Brasil, a sua produção está localizada em microrregiões produtoras dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Suas características, como ser um produto livre de glúten e que expande durante o forneamento sem o uso de fermento, adicionalmente às propriedades sensoriais únicas, justificam o seu emprego em inúmeros produtos de panificação.

O setor produtivo enfrenta a ameaça dos substituintes do polvilho azedo, que consistem no amido de mandioca não fermentado, mas modificado por ácido, que embora não apresente as características sensoriais e reológicas do tradicional polvilho azedo, apresenta expansão e valor de mercado inferiores aos do amido fermentado das tradicionais empresas familiares. Diante desta realidade, poucos pesquisadores têm realizado trabalhos científicos envolvendo o estudo do polvilho azedo nos últimos anos, apesar de o seu consumo estar em evidência por se tratar de um produto sem glúten.

A fermentação do amido de mandioca para obtenção do polvilho azedo é um processo espontâneo, desenvolvido por diversos micro-organismos naturalmente presentes na matéria-prima, na água e nos tanques de fermentação. Esta característica explica a grande variação, encontrada na qualidade do polvilho azedo proveniente de diversos produtores ou de um mesmo produtor. As diferentes condições climáticas brasileiras definem a microbiota predominante nos processos fermentativos, fazendo com que polvilhos produzidos em diferentes regiões apresentem diferenças relacionadas com a acidez e a composição de ácidos orgânicos (SILVEIRA et al., 2003).

Apesar das condições empíricas de processamento e o crescimento do uso de amidos substituintes, há um setor agroindustrial a ser resgatado. O presente trabalho teve como objetivo avaliar as condições do processo produtivo de polvilho azedo em polvilharias do estado de Santa Catarina, bem como caracterizar amostras de polvilho azedo coletadas nessas unidades visando uma futura intervenção para maior padronização e consequente valorização do produto e do processo.

2 Material e métodos

Foram coletadas oito amostras de polvilho azedo de oito polvilharias localizadas no estado de Santa Catarina, no período de julho de 2013 a julho de 2014. Durante as coletas nas cidades de São João do Sul, Santa Rosa do Sul, Treze de Maio, Sombrio, São Bonifácio e São Martinho, foram obtidas informações quanto à matéria-prima e às condições do processo fermentativo, como: ambiente dos

tanques, tipo de tanque, volume do tanque, quantidade de água no início do processo fermentativo, realização de reposição de água, uso de inóculo, critério para o final da fermentação, tempo médio de fermentação e temperaturas máximas e mínimas nas cidades durante o período referente ao processo de fermentação das amostras coletadas.

2.1 Análises físico-químicas

O pH foi determinado por leitura direta do líquido sobrenadante, após mistura de 10 g de amostra de polvilho azedo em 100 mL de água destilada utilizando potenciômetro (marca Quimis, modelo Q400A, Diadema, Brasil). A acidez titulável por titulação de NaOH 0,1 mol.L⁻¹ até atingir pH 8,2 a 8,3, utilizando solução alcoólica de fenolftaleína para determinação da mudança de cor, foi expressa em mL de NaOH 1 mol.L⁻¹ por 100 g de matéria seca. As análises de umidade através de secagem em estufa a 105 °C e de resíduo mineral fixo foram realizadas de acordo com Horwitz (2005).

2.2 Propriedades de expansão das amostras de polvilho azedo

Foram confeccionados biscoitos através da formulação proposta por Nunes e Cereda (1994), em que se misturaram 50 g de polvilho azedo com 40 mL de água fervente. A massa foi modelada em cinco biscoitos redondos de aproximadamente 10 g cada, os quais foram distribuídos em assadeira e levados ao forno elétrico termostatizado à temperatura de 200 °C, por 25 minutos. O índice de expansão foi determinado através do método proposto por Maeda e Cereda (2001). O diâmetro médio dos biscoitos foi medido com paquímetro digital antes e após o forneamento. Os biscoitos foram pesados antes e depois de assados e resfriados para análise de perda de peso (%) e avaliados pelo método de deslocamento de sementes de painço em béquer, sendo as sementes deslocadas medidas em proveta. O resultado da razão entre o volume das sementes deslocadas e o peso dos biscoitos após o forneamento foi expresso em volume específico (mL.g⁻¹) (PIZZINATO; CAMPAGNOLLI, 1993).

2.3 Identificação e quantificação de ácidos orgânicos

As amostras foram preparadas de acordo com Demiate et al. (1999), após a solubilização dos ácidos, foram filtradas em membrana de politetrafluoretileno (PTFE) de 0,22 µm (Allcrom, São Paulo, Brasil) e diluídas com solução de padrão interno (9:1, v/v, amostra:PI a 250 mg.L⁻¹) para posterior injeção no equipamento de eletroforese capilar. Os experimentos foram conduzidos de acordo com Aquino et al. (2015), em um sistema de eletroforese capilar (modelo 7100, Agilent Technologies,

Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina

Aquino, A. C. M. S. et al.

Palo Alto, CA, E.U.A.), equipado com detector de arranjo de diodos (DAD) e sistema de refrigeração por circulação de ar.

2.4 Propriedades de pasta

Foram determinadas utilizando o analisador rápido de viscosidade (RVA - *Rapid Visco Analyser 4000* – Perten Instruments), através do programa *Thermocline for Windows*, em que 2,5 g de amostra foram dispersos em 25 g de água, com correção para 14% de umidade. A programação utilizada foi um tempo total de corrida de 13 minutos, iniciando com temperatura de 50 °C mantida por 1 minuto, aquecimento até 95 °C por 6 minutos, seguido de resfriamento até 50 °C por 6 minutos. A rotação iniciou em 960 rpm por 10 segundos e diminuiu para 160 rpm no decorrer da análise. A partir dos amilogramas obtidos, foram avaliadas as seguintes características: viscosidade máxima (RVU), *breakdown* ou quebra (RVU), viscosidade final (RVU), *setback* ou tendência à retrogradação (RVU) e temperatura de pasta (°C).

2.5 Análise estatística

Todas as análises foram realizadas em triplicata (n=3) e os resultados expressos como média e desvio padrão. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias (Tukey, nível de significância de 5%). Todo o tratamento estatístico dos dados foi realizado utilizando o programa Statistica versão 7.0.

3 Resultados e discussão

3.1 Informações obtidas durante a coleta de amostras

A Tabela 1 ilustra as informações obtidas durante a coleta de amostras em polvilharias de Santa Catarina quanto à matéria-prima e condições do processo fermentativo do amido de mandioca.

Os produtores de polvilho azedo têm a opção da utilização da suspensão do amido recém-extraído da raiz ou do amido comercial. Quanto à matéria-prima utilizada no processo fermentativo, apenas duas das polvilharias (P5 e P6) fazem uso do amido comercial, as demais utilizam o amido de mandioca obtido na própria unidade.

Todos os tanques de fermentação estavam sob ambientes cobertos, sendo que, em 50% das polvilharias, eram mantidos abertos durante o processo fermentativo, enquanto os demais eram cobertos com lona preta impermeável. Os tipos de tanques encontrados durante as visitas foram: de alvenaria com e sem revestimento cerâmico e de madeira com e sem revestimento de lona; com capacidade variando de 0,35 a 15 m³. Em relação à quantidade de água utilizada sobre a camada de amido nos tanques de fermentação no início do processo, foi

observado mais uma vez o empirismo envolvido, sendo informado pela maioria como água suficiente até atingir uma camada variando de 3 a 15 cm sobre o amido.

Quanto à reposição de água ao longo da fermentação, 50% afirmaram realizá-la quando observam redução significativa do volume ou através da verificação do inchamento da massa de amido no tanque.

O uso de inóculo (polvilho azedo da safra anterior) fica limitado ao interesse em acelerar ou não a produção, e a maioria dos produtores não soube informar de maneira precisa a proporção utilizada.

Os tempos médios de fermentação foram de quatro dias a doze meses. Esta variação é atribuída, por alguns produtores, à dependência que o processo de produção possui com as condições climáticas, principalmente em relação à etapa de secagem ao sol. Santa Catarina é um estado que apresenta um clima instável ao longo do ano, logo o amido fermentado pode permanecer nos tanques por períodos mais prolongados, como observado na polvilharia P4, que apresentava amidos mantidos nos tanques de fermentação por doze meses.

O estabelecimento do final da fermentação é de extrema importância para a qualidade final do produto, porém há falta de padronização deste parâmetro na produção do polvilho azedo. Os critérios adotados pelos produtores são: inchamento da massa no tanque, teste da rosca (expansão do produto), cheiro, aparecimento de bolhas, teste da acidez da água sobrenadante, dias de fermentação (variando de quarenta dias a oito meses). A produção do biscoito de polvilho é, até o momento, o teste de qualidade mais realizado pelos produtores para verificação da sua capacidade de expansão. A procura do polvilho azedo pelo consumidor é devido à sua utilização em produtos como biscoitos, sequilhos, pão de queijo, bolos, etc. (MAEDA; CEREDA, 2001).

A secagem do polvilho azedo é tradicionalmente realizada ao sol, seja por sistemas de barcaças ou sobre jiraus cobertos com lonas pretas. Algumas polvilharias fazem uso dos dois sistemas de secagem, sendo que o tempo de secagem é variável, pois depende diretamente das condições climáticas. Essa secagem ao sol requer grandes áreas, além da mão de obra e demais inconvenientes relativos à padronização e higiene do produto. No entanto, a radiação ultravioleta é indispensável para a finalização do processo produtivo do polvilho azedo. Apesar de alguns trabalhos publicados confirmarem a possibilidade de secagem com radiação UVC artificial (VATANASUCHART et al., 2003; GARCIA; LEONEL, 2005; VATANASUCHART et al., 2005; BHAT; KARIM, 2009; MACHADO et al., 2012), até o momento nenhum sistema de secagem artificial foi construído, sendo que a secagem ao sol é praticada por todas as empresas no Brasil, bem como nos demais países produtores de polvilho azedo.

Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina

Aquino, A. C. M. S. et al.

Tabela 1. Informações obtidas durante a coleta de amostras em polvilharias de Santa Catarina quanto à matéria-prima e condições do processo fermentativo de amido de mandioca.

Informações	Polvilharias							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Cidade	São Bonifácio	São Bonifácio	São Martinho	Treze de Maio	São João do Sul	Santa Rosa do Sul	Sombrio	Santa Rosa do Sul
Matéria-prima	Amido obtido pela empresa	Amido obtido pela empresa	Amido obtido pela empresa	Amido obtido pela empresa	Amido comercial	Amido comercial	Amido obtido pela empresa	Amido obtido pela empresa
Ambiente dos tanques	Coberto	Coberto	Coberto	Coberto	Coberto	Coberto	Coberto	Coberto
Tipo de tanque	Aberto, de madeira revestida com lona	Aberto, de madeira sem revestimento	Fechado, com lona de madeira revestida com lona	Aberto, revestido de azulejo	Fechado com lona, revestido de azulejo	Fechado com lona, revestido de azulejo	Aberto, de alvenaria sem revestimento	Fechado com lona, revestido de azulejo
Volume do tanque (m ³)	0,46	0,35	0,50	15	15	15	Não informado	15
Quantidade de água no início do processo fermentativo / Reposição de água e justificativa em caso positivo.	90 a 100L por tanque / Não	10 cm na superfície / Sim, se o nível baixar muito.	15 cm na superfície / Sim, se o nível baixar muito.	3 cm na base do tanque e 12 cm na superfície / Não	5 a 10 cm na superfície / Sim, quando verifica o inchamento da massa.	10 cm na superfície / Não	Não informado	Coloca o leite do amido direto no tanque / Não
Faz uso de inóculo? Qual?	Não, mas as lonas que recobrem os tanques ficam sujas da fermentação anterior.	Não, mas os tanques são de madeira sem revestimento.	Não.	Sim, 2 práticas: a) alterna amido e polvilho azedo nos tanques quando quer acelerar a produção; e b) apenas amido e água.	Sim, 2 práticas: a) 10% de polvilho azedo como inóculo quando quer acelerar a produção; e b) apenas amido e água.	Sim, 2 práticas: a) 10% de polvilho azedo como inóculo quando quer acelerar a produção; e b) apenas amido e água.	Polvilho azedo da safra anterior.	Polvilho azedo da safra anterior.
Qual o critério para o final da fermentação?	Cheiro.	Aparecimento de bolhas.	Teste da rosca (expansão) e cheiro.	Inchamento da massa no tanque e redução total do volume de água (6 a 8 meses).	Teste da rosca de polvilho (expansão).	Teste da rosca de polvilho (expansão). Em média 90-120 dias até a secagem.	60 dias	90 dias (sem inóculo) e 40 dias (com inóculo)
Qual o tempo de fermentação médio dos tanques até a data da visita?	4 dias	14 dias	30 dias	12 meses	60 dias	7,5 meses	60 dias	30 dias
Temperaturas máxima e mínima (°C) da cidade durante o período referente à fermentação.	11 e 18	11 e 18	11 e 18	15 e 21	10 e 18	16 e 22	15 e 20	15 e 20

Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina

Aquino, A. C. M. S. et al.

Quanto às temperaturas máximas e mínimas das cidades onde estão localizadas as polvilharias, durante o período referente ao processo de fermentação das amostras coletadas, foram verificadas as seguintes temperaturas: mínima de 10 °C em São João do Sul e máxima de 22 °C em Santa Rosa do Sul.

3.2 Caracterização físico-química

Os resultados da caracterização físico-química estão apresentados na Tabela 2, na qual é possível observar que os valores de umidade das amostras ficaram entre 11,12 e 15,06 g.100 g⁻¹. A legislação vigente (BRASIL, 2005) não estabelece parâmetros de qualidade para o polvilho azedo, apenas para o amido de mandioca, sendo 18 g.100 g⁻¹ de umidade, o limite máximo permitido.

A acidez titulável das amostras de polvilho azedo variou entre 1,66 e 7,05 mL de NaOH 1 mol.L⁻¹/100 g, sendo que a maior acidez foi observada na amostra da polvilharia P7 (p < 0,05), enquanto o pH variou de 3,11 a 4,82. Segundo Cereda e Vilpoux (2002), uma acidez titulável superior a 7,0 mL de NaOH 1 mol.L⁻¹/100 g caracteriza uma fermentação muito intensa, enquanto volumes inferiores a 3,0 mL de NaOH 1 mol.L⁻¹/100 g caracterizam a quase ausência de fermentação. Ao avaliar 12 indústrias de polvilho azedo de diferentes regiões do Estado de Minas Gerais, Diniz (2006) encontrou valores de acidez titulável de 1,97 a 7,43 mL de NaOH 1 mol.L⁻¹/100 g, e de pH entre 4,00 e 4,83. Enquanto Maeda e Cereda (2001) encontraram acidez inferior a 5,0 mL de NaOH 1 mol.L⁻¹/100 g em produtos provenientes do Paraná.

Os teores de cinzas das amostras ficaram entre 0,13 e 0,25 g.100 g⁻¹, estando de acordo com os valores médios verificados por Ascheri e Vilela (1995) (0,20 g.100 g⁻¹), Pereira et al. (1999) (0,21 g.100 g⁻¹) e Ladeira e Pena (2011) (0,15 g.100 g⁻¹). Avaliando três amostras de polvilho azedo provenientes de diferentes regiões de Santa Catarina, Marcon et al. (2007) encontraram umidades de

13,68 a 14,75 g.100 g⁻¹; cinzas de 0,11 a 0,15 g.100 g⁻¹; e pH de 3,77 a 4,27.

As amostras analisadas referem-se a produtos destinados ao mercado; destacando-se as grandes diferenças encontradas nos parâmetros físico-químicos avaliados e a utilização do polvilho azedo, em especial pelas panificadoras, os resultados não são positivos para este setor, uma vez que o mercado espera pela padronização para a garantia da qualidade dos produtos nos quais o polvilho azedo será utilizado.

3.3 Ácidos orgânicos

De acordo com a Tabela 3, as maiores concentrações de ácidos orgânicos nas amostras de polvilho azedo foram observadas para o ácido láctico, que representou de 54,46% a 97,52% do total, com exceção apenas da amostra da polvilharia P2 (20,53%). A maior concentração, 7385,57 mg.kg⁻¹ (p ≤ 0,05), foi verificada no polvilho azedo da polvilharia P7. As temperaturas médias mínimas e máximas registradas nas cidades onde estão localizadas as polvilharias deste estudo foram 10 e 22 °C, respectivamente. Sabe-se que, em regiões frias, a fermentação é lenta com predomínio da microbiota láctica com maior frequência do *Lactobacillus plantarum*, enquanto nas regiões quentes, a fermentação é mais rápida e predomina a microbiota butírica, sendo o *Clostridium butyricum* com maior relevância (SILVEIRA et al., 2003; LACERDA et al., 2005).

O ácido acético apresentou uma representatividade máxima de 13,10% do total de ácidos, correspondente à concentração de 322,29 mg.kg⁻¹ na amostra da polvilharia P6. Enquanto que para os ácidos propiônico (1,16% a 15,34% do total) e butírico (3,44% a 51,74% do total), as maiores concentrações observadas foram 204,81 mg.kg⁻¹ (polvilharia P2) e 1450,65 mg.kg⁻¹ (polvilharia P7).

Demiate et al. (1999) analisaram, por CLAE, 29 amostras de amido de mandioca fermentado das regiões Sul e Sudeste adquiridos diretamente das fábricas ou do

Tabela 2. Características físico-químicas de amostras de polvilho azedo coletadas em polvilharias do estado de Santa Catarina no período de julho de 2013 a julho de 2014.

Polvilharias	Umidade (g.100 g ⁻¹)*	ATT*		
		(mL de NaOH 1M.100 g ⁻¹)	pH*	Cinzas (g.100 g ⁻¹)*
P1	13,78 ± 0,08 ^b	1,66 ± 0,00 ^g	4,47 ± 0,01 ^b	0,13 ± 0,01 ^d
P2	14,85 ± 0,08 ^a	1,96 ± 0,01 ^f	4,82 ± 0,01 ^a	0,13 ± 0,02 ^d
P3	11,12 ± 0,04 ^e	2,14 ± 0,02 ^f	4,35 ± 0,02 ^c	0,15 ± 0,00 ^{cd}
P4	11,25 ± 0,17 ^e	2,88 ± 0,13 ^e	3,57 ± 0,02 ^f	0,22 ± 0,01 ^b
P5	11,68 ± 0,22 ^d	5,24 ± 0,13 ^b	3,11 ± 0,01 ^h	0,22 ± 0,01 ^b
P6	12,22 ± 0,09 ^c	4,72 ± 0,00 ^d	3,15 ± 0,02 ^g	0,25 ± 0,01 ^a
P7	12,32 ± 0,03 ^c	7,05 ± 0,06 ^a	3,71 ± 0,01 ^e	0,23 ± 0,01 ^{ab}
P8	15,06 ± 0,03 ^a	5,03 ± 0,02 ^c	3,80 ± 0,01 ^d	0,17 ± 0,01 ^c

*Média ± Desvio Padrão. Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey (p ≥ 0,05). ATT: acidez total titulável (em base seca). Cinzas (em base seca).

Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina

Aquino, A. C. M. S. et al.

Tabela 3. Concentração de ácidos orgânicos e percentual do total de ácidos em amostras de polvilho azedo coletadas em polvilharias do estado de Santa Catarina no período de julho de 2013 a julho de 2014.

Polvilharias	mg.kg ⁻¹ e % do total de ácidos*								
	Ácido láctico	Ácido acético	Ácido propiônico	Ácido butírico	Total				
P1	2753,31 ± 8,75 ^d	97,52	30,67 ± 2,08 ^g	1,09	39,29 ± 1,03 ^g	1,39	<LOQ	-	2823,27
P2	274,14 ± 2,76 ^b	20,53	165,50 ± 3,64 ^c	12,39	204,81 ± 1,76 ^a	15,34	690,79 ± 9,87 ^b	51,74	1335,24
P3	2076,72 ± 5,35 ^e	89,60	105,55 ± 1,71 ^e	4,55	55,67 ± 1,42 ^f	2,40	79,70 ± 1,95 ^f	3,44	2317,64
P4	1390,81 ± 6,69 ^f	82,65	117,00 ± 2,19 ^d	6,95	53,06 ± 0,48 ^f	3,15	121,84 ± 3,02 ^e	7,24	1682,71
P5	3448,48 ± 9,78 ^c	84,27	169,00 ± 2,76 ^c	4,13	110,33 ± 0,00 ^d	2,70	364,38 ± 3,37 ^d	8,90	4092,19
P6	1339,50 ± 3,38 ^g	54,46	322,29 ± 2,22 ^b	13,10	122,99 ± 4,88 ^c	5,00	674,90 ± 7,67 ^b	27,44	2459,68
P7	7385,57 ± 5,72 ^a	78,43	403,15 ± 5,38 ^a	4,28	177,36 ± 0,79 ^b	1,88	1450,65 ± 9,51 ^a	15,41	9416,73
P8	5745,70 ± 1,57 ^b	88,36	87,29 ± 6,71 ^f	1,34	75,21 ± 4,78 ^e	1,16	594,51 ± 3,00 ^c	9,14	6502,71

*Média ± Desvio Padrão (base seca). Médias seguidas de letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). LOQ (ácido butírico) = 20 mg.kg⁻¹.

comércio e verificaram concentrações, em base seca, entre 120 e 830 mg.kg⁻¹ de ácido láctico, 0 e 680 mg.kg⁻¹ de ácido acético, 0 e 130 mg.kg⁻¹ de ácido propiônico, 0 e 570 mg.kg⁻¹ de ácido butírico, as quais são, de forma geral, inferiores às encontradas nas amostras de polvilho azedo coletadas em polvilharias de Santa Catarina, principalmente em relação ao ácido láctico.

3.4 Propriedades de expansão

O índice de expansão (diâmetro médio do biscoito após o forneamento/diâmetro médio do biscoito antes do forneamento) das amostras variou entre 1,81 (P2) e 2,54 (P6). Ascheri e Vilela (1995) verificaram índices de expansão variando entre 2,24 e 3,49 em amidos de mandioca fermentados em tanque experimental, entre 1,84 e 3,34 em copo de Becker (bancada) e entre 1,80 e 3,69 em tanque industrial. As amostras P3 (10,35 mL.g⁻¹), P4 (10,93 mL.g⁻¹) e P7 (10,20 mL.g⁻¹) apresentaram os maiores valores ($p < 0,05$) de volume específico, sendo consideradas de expansão grande (> 10 mL.g⁻¹), enquanto que as demais foram de expansão média (de 5 a 10 mL.g⁻¹), isso de acordo com a classificação estabelecida por Nunes e Cereda (1994) para classificar a expansão do polvilho azedo.

A amostra P4 foi a que apresentou o maior volume específico e a maior perda de peso (40,38%), enquanto que para as demais amostras essa perda variou de 33,69% (P2) a 39,96% (P7). A perda de peso é um parâmetro para avaliar a *performance* do polvilho azedo, pois, quanto maior a expansão, maior a perda de peso. Logo, por apresentar uma perda de peso superior a 40%, a amostra P4 é considerada de alta *performance* (MARCON et al., 2011). A amostra P1, com apenas 4 dias de fermentação, apresentou um volume específico de 6,45 mL.g⁻¹, enquanto as amostras P5 e P7, ambas com uma média de 30 dias de fermentação, apresentaram respectivamente, 8,28 e 10,20 mL.g⁻¹; já a amostra P4, coletada em polvilharia cuja prática envolve manter o amido fermentado no tanque por maior tempo, chegando até 12 meses, apresentou um volume específico de 10,93 mL.g⁻¹.

3.5 Propriedades de pasta

Observa-se na Figura 1 que as amostras apresentaram curvas viscoamilográficas, que se caracterizam por um incremento rápido da viscosidade, até atingir o pico máximo, seguido de acentuada queda (PLATA-OVIEDO, 1998). As amostras das polvilharias P1 (277,80 ± 2,79 RVU), P2 (278,61 ± 1,29 RVU) e P3 (277,25 ± 1,52 RVU) apresentaram picos de viscosidade significativamente superiores ($p < 0,05$) em relação às demais, sendo que, para essas, foram encontrados os menores valores de ATT e os maiores de pH (Tabela 2). O processo fermentativo promove alterações nos grânulos de amido que interfere na sua reologia (DINIZ, 2006), de modo que os amilogramas característicos apresentam-se com viscosidade máxima menor do que o amido nativo, o que condiz com o fato de as amostras das polvilharias P1, P2 e P3 terem sido fermentadas por menores tempos (4, 14 e 30 dias, respectivamente) em relação às demais, assim como maiores valores de viscosidade máxima.

Alguns estudos relatam valores de viscosidade máxima em torno de 225 RVU para polvilho azedo e próximo a 380 RVU para o amido nativo de mandioca (GOMES et al., 2005; SANTISOPASRI et al., 2001; CHATAKANONDA et al., 2003). Os resultados encontrados no presente estudo variaram de 157,19 RVU (P5) a 278,61 RVU (P2).

As amostras das polvilharias P3, P4 e P7 apresentaram os maiores valores de *breakdown* (179,00 a 194,89 RVU), ou seja, menor resistência à agitação a quente, comportamento este comum em polvilhos com elevado teor de amido danificado.

A tendência à retrogradação, expressa pelo *setback*, permite avaliar a diferença da viscosidade do gel durante a fase de resfriamento. Os valores dessa propriedade entre as amostras analisadas variaram entre 7,11 e 54,42 RVU (P5 e P2, respectivamente), enquanto que as temperaturas de pasta ficaram entre 69,95 e 74,10 °C (P2 e P6, respectivamente). Adengunwa et al. (2011), avaliando os efeitos de diferentes tempos de fermentação

Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina

Aquino, A. C. M. S. et al.

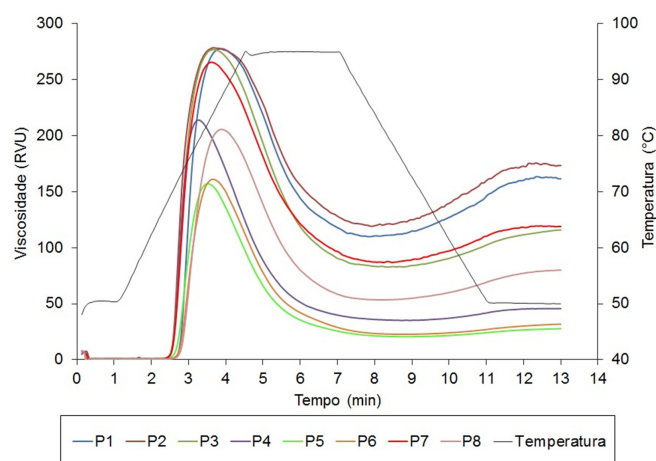


Figura 1. Amilogramas de amostras de polvilho azedo coletadas em polvilharias do estado de Santa Catarina no período de julho de 2013 a julho de 2014.

nas propriedades de pasta de amostras de polvilho azedo, encontraram valores de pico de viscosidade entre 333,17 e 380,75 RVU; *breakdown* entre 201,30 e 228,96 RVU; *setback* entre 33,58 e 41,84 RVU e temperatura de pasta entre 63,78 e 65,14 °C para a amostra fermentada por 25 dias.

4 Conclusão

A produção do polvilho azedo, embora tradicional, não apresentou, entre as empresas avaliadas, práticas similares, que correspondessem a uma tendência à padronização do processo produtivo, resultando em diferenças nas características dos produtos obtidos. A determinação de ácidos orgânicos no polvilho azedo indicou heterogeneidade quanto à ocorrência, tanto entre as empresas quanto entre os ácidos analisados. A padronização das práticas produtivas pode representar uma importante iniciativa para minimizar as diferenças entre os polvilhos obtidos em polvilharias do Estado de Santa Catarina. O cenário apresentado confirmou que as variações, principalmente em relação ao tempo de fermentação, não permitem agrupar os amidos fermentados obtidos por parâmetros de qualidade que reflitam o processo empregado, o que dificulta o reconhecimento do produto para mercados mais exigentes. Esta realidade alerta para a necessidade de investimentos na padronização dos processos e no estabelecimento de novos padrões de qualidade para estas empresas, cujo número decresce em função da concorrência com amidos modificados, que estão substituindo o tradicional polvilho azedo.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro e à Associação das Indústrias Processadoras de Mandioca e Derivados de Santa Catarina (AIMSC).

Referências

- ADENGUNWA, M. O.; SANNI, L. O.; MAZIYA-DIXON, B. Effects of fermentation length and varieties on the pasting properties of sour cassava starch. **African Journal of Biotechnology**, Kenya, v. 10, n. 42, p. 8428-8433, 2011.
- AQUINO, A. C. M. S.; AZEVEDO, M. S.; RIBEIRO, D. H. B.; COSTA, A. C. O.; AMANTE, E. R. Validation of HPLC and CE methods for determination of organic acids in sour cassava starch wastewater. **Food Chemistry**, London, v. 172, p. 725-730, 2015. PMID:25442614.
- ASCHERI, D. P. R.; VILELA, E. R. Alterações do polvilho de mandioca pela fermentação no fabrico de biscoitos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 269-279, 1995.
- BHAT, R.; KARIM, A. A. Impact of radiation processing on starch. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 8, p. 44-58, 2009.
- BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos. Resolução n. 263, de 22 de setembro 2005. Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 2005. p. 368-369.
- CEREDA, M. P.; NUNES, O. L. G.; VILPOUX, O. **Tecnologia da produção de polvilho azedo**. Botucatu: Centro de Raízes Tropicais, 1995.
- CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. **Polvilho azedo, critérios de qualidade para uso em produtos alimentares**. São Paulo: Fundação Cargill, Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino Americanas, 2002.
- CHATAKANONDA, P.; CHINACHOT, P.; SRIROTH, K.; PIYACHOMKWAN, K.; CHOTINEERANAT, S.; TANG, H.; HILLS, B. The influence of time and conditions of harvest on the functional behavior of cassava starch-proton NMR relaxation study. **Carbohydrates Polymers**, Oxford, v. 53, p. 233-240, 2003.
- CIACCO, C. F.; CRUZ, R. **Fabricação do amido e sua utilização**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia do Estado de São Paulo, 1982. 152 p.
- DEMIATE, I. M.; BARANA, A. C.; CEREDA, M. P.; WOSIACKI, G. Organic acid profile of commercial sour cassava starch. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 131-135, 1999.
- DINIZ, I. P. **Caracterização tecnológica do polvilho azedo produzido em diferentes regiões do estado de Minas Gerais**. 2006. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- GARCIA, A. C. D. B.; LEONEL, M. Efeito da concentração de ácido láctico sobre a propriedade de expansão em amidos modificados fotoquimicamente. **Ciência e Agroecologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 629-634, 2005.

Avaliação do processo produtivo de polvilho azedo em indústrias de Santa Catarina

Aquino, A. C. M. S. et al.

- GOMES, A. M. M.; DA SILVA, C. E. M.; NAGILA, R. M. S. Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo). **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 60, p. 1-6, 2005.
- HORWITZ, W. (Ed.). **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists International**. 18th ed. Gaithersburg: AOAC, 2005.
- LACERDA, I. C. A.; MIRANDA, R. L.; BORELLI, B. M.; NUNES, A. C.; NARDI, R. M. D.; LACHANCE, M.; ROSA, C. A. Lactic acid bacteria and yeasts associated with spontaneous fermentations during the production of sour cassava starch in Brazil. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 105, n. 2, p. 213-219, 2005. PMID:16153731.
- 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, 2011.
- MACHADO, A. C. S. D. V.; DINIZ, I. P.; TEIXEIRA, M. A. V.; BIRCHAL, V. S. Estudo do efeito da secagem por radiação ultravioleta nas propriedades tecnológicas da fécula de mandioca fermentada. **e-xacta**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 7-14, 2012.
- MAEDA, K. C.; CEREDA, M. P. Avaliação de duas metodologias de expansão ao forno do polvilho azedo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 139-143, 2001.
- MARCON, M. J. A.; KURTZ, D. J.; MARASCHIN, M.; REGINATTO, V.; AMANTE, E. R. Rapid analysis for predicting the expansion of the polvilho azedo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 70, n. 2, p. 199-205, 2011.
- MARCON, M. J. A.; VIEIRA, G. C. N.; DE SIMAS, K. N.; SANTOS, K.; VIEIRA, M. A.; AMBONI, R. D. M. C.; AMANTE, E. R. Effect of the improved fermentation on physicochemical properties and sensorial acceptability of sour cassava starch. **Brazilian Archives of Biology and Biotechnology**, Paraná, v. 50, n. 6, p. 1079-1087, 2007.
- NUNES, O. L. G. S.; CEREDA, M. P. Metodologia para avaliação da qualidade de fécula fermentada de mandioca (polvilho azedo). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MANDIOCA, 1994, Salvador. **Anais...** Salvador: SBM, 1994. p. 37.
- PEREIRA, J.; CIACCO, C. F.; VILELA, E. R.; TEIXEIRA, L. S. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 287-293, 1999.
- PIZZINATO, A.; CAMPAGNOLLI, D. M. F. **Avaliação tecnológica de produtos derivados de farinhas de trigo (pão, macarrão, biscoito)**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1993. 54 p.
- PLATA-OVIEDO, M. **Secagem do amido fermentado de mandioca: modificação química relacionada com a propriedade de expansão e características físico-químicas**. 1998. 114 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos)-Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.
- SANTISOPASRI, V.; KUROTJANAWONG, K.; CHOTINEERANAT, S.; PIYACHOMKWAN, K.; SRIROTH, K.; OATES, C. G. Impact of water stress on yield and quality of cassava starch. **Industrial Crops and Products an International Journal**, Amsterdam, v. 13, p. 115-129, 2001.
- SILVEIRA, I. A.; CARVALHO, E. P.; PADUA, I. P. M.; DIONIZIO, F. L. Isolamento e caracterização da microbiota ácido láctica envolvida no processo fermentativo para produção de polvilho azedo - parte II. **Pro Homine**, Lavras, v. 2, n. 2, p. 7-15, 2003.
- VATANASUCHART, N.; NAIVIKUL, O.; CHAROENREIN, S.; SRIROTH, K. Effects of different UV irradiations on properties of cassava starch and biscuit expansion. **The Kasetsart Journal: Natural Science**, Thailand, v. 37, n. 3, p. 334-344, 2003.
- VATANASUCHART, N.; NAIVIKUL, O.; CHAROENREIN, S.; SRIROTH, K. Molecular properties of cassava starch modified with different UV irradiations to enhance baking expansion. **Carbohydrate Polymers**, Oxford, v. 61, n. 1, p. 80-87, 2005.
- WESTBY, A.; CEREDA, M. P. Production of fermented cassava starch (polvilho azedo) in Brazil. **Tropical Science**, Amsterdam, v. 34, n. 2, p. 203-210, 1994.