

Elaboração de pão de queijo com substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (*Ipomoea batatas*) submetido a diferentes processos de secagem

*Elaboration of cheese bread with substitution of the cassava starch by sweet potato (*Ipomoea batatas*) starch and submitted to different drying processes*

Autores | Authors

Elessandra da Rosa ZAVAREZE
Cátia Regina STORCK
Juliane Mascarenhas PEREIRA

Universidade Federal de Pelotas (UFPel)
Departamento de Ciência e Tecnologia
Agroindustrial
e-mail: elessandrad@yahoo.com.br
catia.sm@gmail.com
juliane_mascarenhas@yahoo.com.br

Marcia Arocha GULARTE

Universidade Federal de Pelotas (UFPel)
Departamento de Ciência dos Alimentos
Curso de Química de Alimentos
e-mail: guarte@ufpel.edu.br

✉ **Alvaro Renato Guerra DIAS**

Universidade Federal de Pelotas (UFPel)
Departamento de Ciência e Tecnologia
Agroindustrial
Caixa Postal: 354
CEP: 96010-900
Pelotas/RS - Brasil
e-mail: alvaro@ufpel.edu.br

✉ Autor Correspondente | Corresponding Author

Recebido | Received: 15/07/2008
Aprovado | Approved: 12/03/2009

Resumo

O trabalho teve como objetivo avaliar a influência da substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (seco em estufa e seco ao sol) e do congelamento sobre as propriedades de expansão e textura de pães de queijo. O amido de batata-doce foi extraído através de trituração, lavagem com água, filtração e decantação. Posteriormente, uma parte do amido foi seca em estufa e outra parte seca ao sol. Foram testadas formulações de pães de queijo com substituições do amido de mandioca por amido de batata-doce (seco em estufa e seco ao sol) nas concentrações de 0, 20, 40, 60, 80 e 100%. As misturas de amido de mandioca e amido de batata-doce foram avaliadas através das propriedades de pasta. Parte da massa dos pães de queijo foi submetida ao congelamento durante sete dias. Após forneamento, os pães de queijo não congelados e congelados foram avaliados através do volume específico e textura (firmeza e flexibilidade). O amido de batata-doce seco ao sol proporcionou maior volume específico aos pães de queijo do que o amido de batata-doce seco em estufa. A substituição de até 40% do amido de mandioca por amido de batata-doce seco ao sol não alterou o volume específico dos pães de queijo. Os pães de queijo elaborados somente com amido de batata-doce apresentaram maior flexibilidade sem alteração da firmeza. O congelamento da massa dos pães de queijo não alterou o volume específico e a flexibilidade do produto, no entanto, reduziu a firmeza dos pães de queijo com amido de batata-doce seco ao sol.

Palavras-chave: Amido de mandioca; Congelamento; Textura; Amido de batata-doce; Expansão.

Summary

The objective of this study was to evaluate the influence of substituting the cassava starch by sweet potato starch (dried in an air oven or sun dried) and of freezing of the dough, on the expansion properties and texture of cheese bread. The sweet potato starch was extracted with water in a blender, and the suspension filtered and left to sediment. After sedimentation, part of the starch was oven dried and part was sun dried. Cheese bread formulations were made substituting 0, 20, 40, 60, 80 and 100% of the cassava starch with sweet potato starch (air oven and sun dried), and the blends of cassava and sweet potato starch evaluated with respect to their pasting properties. Part of the cheese bread dough was submitted to freezing for seven days. After baking, the frozen and unfrozen cheese breads were evaluated with respect to their specific volumes and texture (firmness and springiness). The sun dried sweet potato starch resulted in greater specific volumes of the cheese bread than the oven dried sweet potato starch. The substitution of up to 40% of the cassava starch by sun dried sweet potato starch did not modify the specific volume of the cheese bread. Cheese bread made only with sweet potato starch showed greater springiness with no change in firmness. Freezing of the cheese bread dough did not influence the specific volume or springiness, but decreased the firmness of cheese bread made with sun dried sweet potato starch.

Key words: Cassava starch; Freezing; Texture; Sweet potato starch; Expansion.

Elaboração de pão de queijo com substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (*Ipomoea batatas*) submetido a diferentes processos de secagem

ZAVAREZE, E. R. et al.

1 Introdução

De acordo com a FAO (Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação), a batata-doce ocupa o 6º lugar das hortaliças mais produzidas no Brasil, correspondendo a 500.000 t anuais, obtidas em uma área estimada de 48.000 ha (FAO, 2008). Contudo, o investimento em tecnologia na cultura de batata-doce é muito baixo em razão da pequena lucratividade. A batata-doce tem a desvantagem de ser um produto perecível, devendo ser utilizada em poucos dias após sua colheita. Todavia, a possibilidade de processamento dessa tuberosa como fonte amilácea, pelas indústrias de amido brasileiras, contribuiria para o avanço tecnológico da cultura e para a diversificação do mercado de amido (LEONEL, 2007).

O amido é a principal substância de reserva nas plantas superiores, fornecendo de 70 a 80% das calorias consumidas pelo homem. As indústrias de alimentos e os produtores agrícolas estão interessados em identificar e desenvolver espécies com elevada produtividade e que forneçam amidos nativos com características físico-químicas especiais, dando abertura a novos mercados. O amido extraído de plantas, sem alteração, denomina-se nativo ou natural e tem ampla aplicação em diversos setores, como indústria têxtil, papel, farmacêutica, siderúrgica, plástica e alimentícia (CEREDA, 1996). Na indústria de alimentos, é usado, tradicionalmente, como ingrediente, fornecendo calorias e melhorando as propriedades funcionais em sistemas alimentícios. Dependendo do tipo, o amido, entre outras funções, serve para facilitar o processamento, fornecer textura, agir como espessante, fornecer sólidos em suspensão e proteger os alimentos durante o processamento.

Devido às restrições aos amidos modificados, impostas principalmente pelas indústrias alimentícias, as empresas produtoras de amido no mundo apresentam crescente interesse por amidos naturais com características que atendam ao mercado consumidor (BEMILLER, 1997). Países de regiões tropicais, como o Brasil, têm grande potencial para produção de amido, devido às variedades de culturas tropicais amiláceas disponíveis.

O pão de queijo é um produto tradicionalmente brasileiro, obtido da mistura de polvilho (amido de mandioca) com água ou leite, queijo, ovos, sal e gordura, podendo variar o tipo de polvilho (doce, azedo ou a mistura destes). A produção do pão de queijo está em expansão, inclusive para o mercado externo. No entanto, Minim et al. (2000) relatam que o pão de queijo não apresenta um padrão de qualidade estabelecido, não existindo uma tecnologia de produção, caracterização ou tipificação do produto. Pereira (1998) ressalta que a diversificação dos pães de queijo no mercado ocorre em função da não existência de um padrão de qualidade.

Considerando que cada vez mais a população está em busca de alimentos de fácil e rápido preparo, como os congelados, o pão de queijo apresenta vantagens de incluir ingredientes de fácil aquisição em sua formulação e de sua massa ter a possibilidade de ser congelada, satisfazendo as necessidades dos consumidores. Com a possibilidade de congelamento da massa e a grande comercialização das misturas prontas, o pão de queijo ocupa o segundo lugar entre os produtos nacionais mais requisitados pelos brasileiros que vivem no exterior (PEREIRA et al., 2004). A tecnologia de fabricação do pão de queijo com polvilho doce não apresenta grande diferença em relação à utilização de polvilho azedo, entretanto, o pão de queijo elaborado com polvilho doce tem sua padronização facilitada por apresentar características físico-químicas mais estáveis (PEREIRA, 1998). O pão de queijo produzido com polvilho azedo apresenta maior volume, textura mais porosa com maior número de células de ar, miolo esponjoso, sendo mais leve e elástico, casca lisa e uniforme quando comparado ao pão de queijo produzido com polvilho doce (PEREIRA et al., 2004).

A principal propriedade funcional do polvilho azedo é a expansão, devido ao seu processo de fabricação, que envolve a fermentação do amido de mandioca, com desenvolvimento de ampla variedade de microorganismos produtores de ácidos orgânicos, seguido de secagem ao sol (CEREDA, 1987). De acordo com este autor, produtores que utilizaram a secagem artificial, não obtiveram produto seco com o mesmo poder de expansão, sugerindo que, mais que o calor, é a radiação solar a responsável pela propriedade.

Plata-Olviedo (1998), estudando o efeito da luz UV na propriedade de expansão do amido de mandioca fermentado, observou que é necessária a presença de ácidos orgânicos durante a irradiação para promover o desenvolvimento dessa propriedade, entretanto, após o processo de secagem, a retirada dos ácidos orgânicos por extração metanólica, não afetou a propriedade de expansão do amido. Bertolini et al. (2001) reportaram que a luz do sol, particularmente certas ondas ultravioletas, assim como a fermentação ácida, são essenciais para desenvolver a capacidade de expansão do amido de mandioca. No entanto, apenas a exposição à radiação solar, já permite modificação na propriedade de expansão, conforme relatado em trabalho desenvolvido por Tomasik e Zaranyika (1995), em que foi constatado que a irradiação do amido de batata em estado sólido, com luz ultravioleta, causou hidrólise e oxidação do amido, com redução da viscosidade da pasta. Vatanasuchart et al. (2005) constataram que a acidificação láctica combinada com a energia ultravioleta, resultou em despolimerização parcial das moléculas de amido de mandioca, assim, quando a pasta de amido foi aquecida, as moléculas de

Elaboração de pão de queijo com substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (*Ipomoea batatas*) submetido a diferentes processos de secagem

ZAVAREZE, E. R. et al.

amido modificadas absorveram água mais rapidamente, resultando em maior pico de viscosidade que o amido seco em ar quente, processo que promove maior despolimerização do amido.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a influência da substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (seco em estufa e seco ao sol) e do congelamento da massa sobre as propriedades tecnológicas de pães de queijo.

2 Material e métodos

2.1 Material

A batata-doce (*Ipomoea batatas*) proveniente da cultivar conhecida comercialmente como "Polvilha branca", o amido de mandioca (11,3% de umidade, 0,31% de proteína, 0,05% de cinza, quantidade não significativa de lipídios e 29% de amilose) e o restante dos ingredientes (queijo prato, ovo, óleo de soja, sal e leite) foram adquiridos no comércio local de Pelotas, RS.

2.2 Extração do amido de batata-doce

A batata-doce foi lavada, descascada manualmente e imersa em água potável, sendo posteriormente cortada em rodela e trituradas em liquidificador contendo água na proporção de 1:2 (batata/água). A massa obtida foi filtrada em saco de algodão, onde a água com amido foi separada, ficando em repouso durante quatro horas para decantação do amido. Após decantação, parte do amido foi seco em estufa com circulação de ar a 40 °C, e parte seco ao sol até atingir 12% de umidade. As amostras foram moídas em moinho Perten para atingir granulometria adequada (70 mesh). O rendimento de extração de amido da batata-doce foi de 9,1% em relação ao produto *in natura* (71% de umidade).

Os amidos de batata-doce seco ao sol e seco em estufa apresentaram valores médios de 9,1% de umidade, 0,33% de proteína, 0,28% de cinza e quantidade não significativa de lipídios. O teor de amilose foi de 27,9% no amido de batata-doce seco ao sol e de 30,6% para o amido seco em estufa.

2.3 Delineamento experimental

O experimento foi composto por 21 tratamentos distribuídos segundo o delineamento inteiramente casualizado fatorial 2 x 5 x 2 (dois tipos de amido, cinco graus de substituições e dois tipos de utilização da massa) acrescido do tratamento padrão (amido de mandioca). As variáveis independentes foram: tipo de amido (amido de batata-doce seco em estufa e amido de batata-doce seco ao sol), porcentagem de substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (0, 20, 40, 60, 80 e 100%) e tipo de utilização da massa (massa não conge-

lada e congelada) e as variáveis dependentes foram as propriedades viscoamilográficas das pastas, propriedade de expansão e textura dos pães de queijo.

2.4 Propriedades de pasta

As propriedades de pasta dos amidos de mandioca e batata-doce e suas misturas foram avaliadas pelo RVA "Rapid Visco Analyser" (modelo RVA-4, Newport Scientific, Austrália), através do método *Newport Scientific Standard 1* usando 2,0 g de amostra corrigida para 14% de umidade e pelo software *Thermocline for Windows*, versão 2.0. Avaliou-se a temperatura de início de formação de pasta, viscosidade máxima, quebra da viscosidade, viscosidade final e capacidade de retrogradação.

2.5 Formulação e elaboração de pães de queijo

Foram realizados testes preliminares de formulações de pães de queijo utilizando o amido de mandioca, a fim de obter a melhor formulação, mediante avaliação da textura da massa, aparência global e volume dos pães de queijo. Os ingredientes utilizados na elaboração dos pães de queijo com diferentes substituições do amido de mandioca por amido de batata-doce, seco em estufa e seco ao sol, estão apresentados na Tabela 1.

Para elaboração da massa dos pães de queijo, adicionou-se ao amido uma mistura em ebulição, composta por leite, óleo e sal, depois de homogeneizada em batedeira elétrica marca Kitchen Aid (modelo BEA30ABAIM) durante um minuto, em velocidade baixa. A seguir, foram adicionados o queijo e o ovo e misturados até obter uma massa homogênea. A massa foi dividida em porções de 15 ± 0,5 g e moldadas manualmente em formato esférico. Parte das unidades foi imediatamente levada ao forno elétrico, a 210 °C por 20 min, e a outra parte foi congelada em freezer a -16 °C, para posterior processamento. As massas congeladas foram retiradas do freezer após sete dias de armazenamento e imediatamente assadas.

Tabela 1. Formulações dos pães de queijo com diferentes percentuais de substituição de amido.

Ingredientes	Padrão	Substituição (%)				
		20	40	60	80	100
Amido de mandioca (g)	150	120	90	60	30	0
Amido de batata-doce (g)	0	30	60	90	120	150
Queijo (g)	150	150	150	150	150	150
Leite (mL)	90	90	90	90	90	90
Óleo (g)	20	20	20	20	20	20
Ovo (g)	30	30	30	30	30	30
Sal (g)	4	4	4	4	4	4

Elaboração de pão de queijo com substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (*Ipomoea batatas*) submetido a diferentes processos de secagem

ZAVAREZE, E. R. et al.

2.6 Propriedade de expansão

A propriedade de expansão dos pães de queijo foi avaliada através do volume específico (mL.g^{-1}), obtido pela razão entre o volume aparente (mL), determinado pelo deslocamento das sementes de painço, e a massa (g), após o forneamento (PIZZINATTO et al., 1993).

2.7 Textura

Os parâmetros de textura (firmeza e flexibilidade) dos pães de queijo foram avaliados, após resfriamento de 10 min, em temperatura ambiente, através de Texturômetro (*Texture Analyser TA.XTplus, Stable Micro Systems*), utilizando probe cilíndrico de 75 mm de diâmetro. A amostra foi comprimida em 50% do seu tamanho original, com velocidade de 1 mm/s, mantendo a compressão por 30 s e retornando à posição inicial.

2.8 Análise estatística

As avaliações foram realizadas em triplicata, os resultados submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3 Resultados e discussão

3.1 Propriedades de pasta

A Tabela 2 apresenta os resultados de temperatura de pasta, viscosidade máxima, quebra da viscosidade, viscosidade final e capacidade de retrogradação das misturas de amido de mandioca e batata-doce. Na Figura 1, são apresentadas as curvas de viscosidade dos amidos de mandioca, amido de batata-doce seco em estufa e amido de batata-doce seco ao sol.

O amido de batata-doce seco ao sol apresentou comportamento viscoamilográfico com valores intermediários em relação ao amido de mandioca e ao amido de batata-doce seco em estufa (Figura 1), com exceção da viscosidade final, na qual o valor foi maior. Verificou-se que o amido de mandioca apresentou maior valor de viscosidade máxima, quebra, viscosidade final e retrogradação, porém apresentou menor temperatura de pasta em comparação com o amido de batata-doce, independentemente do método de secagem (Tabela 2). Zaidul et al. (2007) encontraram perfil viscoamilográfico semelhante para amido de mandioca. Os resultados da temperatura de pasta do amido de batata-doce estão de acordo com Leonel et al. (2004), que estudaram diferentes cultivares

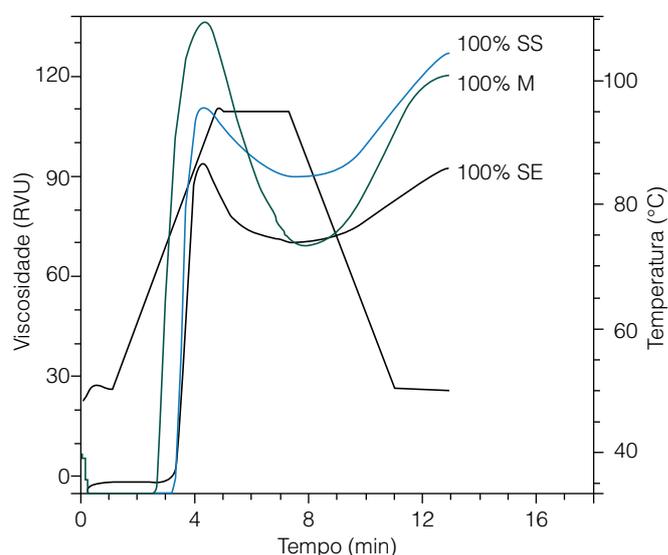


Figura 1. Perfil de viscosidade do amido de mandioca (M), amido de batata-doce seco ao sol (SS) e amido de batata-doce seco em estufa (SE).

Tabela 2. Propriedades de pasta dos amidos com diferentes percentuais de substituição de amido de mandioca por amido de batata-doce seco em estufa e seco ao sol.

Substituição (%)	Temperatura de pasta (°C)	Viscosidade máxima (RVU)	Quebra (RVU)	Viscosidade final (RVU)	Retrogradação (RVU)
Mandioca	64,9 ^{1**}	134,8 ^a	65,9 ^a	120,9 ^a	52,0 ^a
20 SE*	65,8 ^{ef}	83,3 ^e	40,8 ^c	57,3 ^d	14,6 ^f
40 SE	66,6 ^{de}	70,0 ^f	30,3 ^e	44,9 ^e	10,2 ^g
60 SE	69,7 ^c	65,5 ^f	29,2 ^e	47,4 ^e	11,1 ^g
80 SE	72,7 ^a	64,9 ^f	22,6 ^f	57,1 ^d	14,8 ^f
100 SE	72,8 ^a	93,5 ^d	23,9 ^f	92,7 ^c	22,9 ^e
20 SS	65,9 ^e	113,7 ^b	50,5 ^b	92,1 ^c	31,3 ^c
40 SS	66,8 ^d	98,8 ^c	35,7 ^d	85,3 ^c	22,1 ^e
60 SS	69,5 ^c	102,7 ^c	31,4 ^e	92,4 ^c	20,9 ^e
80 SS	71,8 ^b	110,0 ^b	29,0 ^e	107,3 ^b	26,2 ^d
100 SS	72,1 ^{ab}	110,6 ^b	25,0 ^f	124,7 ^a	39,1 ^b

* SE: amido de batata-doce seco em estufa, SS: amido de batata-doce seco ao sol. Letras diferentes, na mesma coluna, indicam diferença significativa ao nível de 5%. ** Média de três replicatas.

Elaboração de pão de queijo com substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (*Ipomoea batatas*) submetido a diferentes processos de secagem

ZAVAREZE, E. R. et al.

de batata-doce e encontraram variação de 72,4 a 75,6 °C. A exposição do amido de batata-doce ao sol não alterou a temperatura de pasta e a quebra na viscosidade.

Segundo a literatura, o efeito da oxidação na viscosidade máxima é dependente das condições e intensidade da reação. Segundo Dias (2001), a oxidação química do amido provoca uma despolimerização das moléculas de amilose e amilopectina, reduzindo a viscosidade, além de evitar a retrogradação, através da inclusão de radicais carboxílicos. Os radicais carbonílicos e carboxílicos, por serem mais volumosos que as hidroxilas, aumentam o espaço entre as cadeias de amilose, evitando que estas se aproximem o suficiente para retrogradar.

A secagem ao sol provocou um aumento no pico de viscosidade máxima, viscosidade final e na capacidade de retrogradação do amido de batata-doce, comparado ao amido seco em estufa. O aumento na viscosidade do amido de batata-doce seco ao sol pode, provavelmente, ser atribuído ao baixo grau de oxidação, provocado pela secagem ao sol, promovendo apenas uma despolimerização parcial do amido e facilitando seu poder de inchamento, conforme descrito por Vatanasuchart et al. (2005). De acordo com Xie et al. (2005), tem sido reportado que, em baixos níveis de oxidação com hipoclorito de sódio, ocorre um aumento na viscosidade de pasta. A maior capacidade de retrogradação do amido de batata-doce seco ao sol poderia ser atribuída à quebra parcial da molécula de amilose, aumentando a movimentação molecular, favorecendo as interassociações dessas moléculas e aumentando a retrogradação. Estes resultados estão de acordo com Teixeira (2007), que afirma que moléculas mais longas de amilose apresentam menor tendência à retrogradação e uma força de ligação mais elevada, quando comparada à amilose de baixo grau de polimerização.

Quando se misturou o amido de mandioca e o amido de batata-doce nas diferentes proporções, os valores da viscosidade máxima e final e da retrogradação foram inferiores aos valores dos amidos isolados, indicando uma possível interação entre os amidos.

3.2 Propriedade de expansão

O volume específico é expresso pela relação entre o volume e a massa do produto após o forneamento. Pães com volume específico baixo apresentam aspecto desagradável ao consumidor, associado com alto teor de umidade, pouca aeração e baixa conservação. O pão de queijo, devido ao alto teor de macromoléculas como amido, gordura e proteína, apresenta massa densa. Por outro lado, essa característica é compensada pela incorporação de ar durante o batimento com a formação de alvéolos grandes (ESTELLER e LANNES, 2005). Na Figura 2, são apresentados os volumes específicos dos pães de queijo elaborados com diferentes percentuais

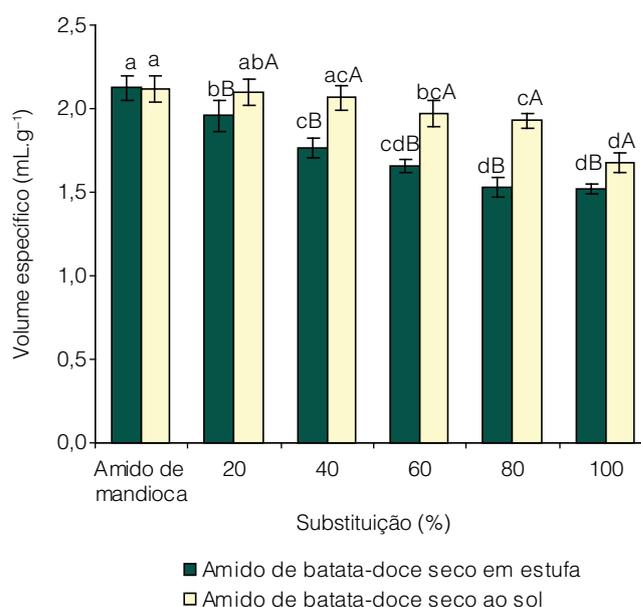


Figura 2. Volume específico dos pães de queijo elaborados com diferentes percentuais de substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce seco em estufa e seco ao sol. Letras minúsculas diferentes entre os percentuais de substituição e letras maiúsculas diferentes entre os tipos de secagem do amido diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

de substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce seco em estufa e seco ao sol.

Os pães de queijo com amido de mandioca apresentaram maior volume específico que os pães com amido de batata-doce (seco em estufa e seco ao sol), demonstrando sua maior capacidade de expansão. Garcia e Leonel (2005) também encontraram maior capacidade de expansão do amido de mandioca em comparação ao amido de batata-doce. Esse comportamento poderia ser atribuído às diferenças de estrutura e composição dos grânulos de amido, que resultam de propriedades reológicas distintas, conforme se observa na Figura 1. Tester et al. (2004) encontraram maior grau de polimerização da amilose no amido de mandioca em relação ao amido de batata-doce. Os pães de queijo com amido de batata-doce seco ao sol apresentaram maior volume específico quando comparados aos elaborados com amido de batata-doce seco em estufa, havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre as misturas. Este aumento no volume específico dos pães de queijo deve-se à modificação do amido, provocada pela secagem ao sol (VATANASUCHART et al., 2005), resultando em aumento na propriedade de expansão do amido. Aplevicz e Demiate (2007) compararam pães de queijo feitos com amido de mandioca nativo (polvilho doce) e com amido de mandioca fermentado seco ao sol (polvilho azedo) e encontraram maior volume específico para o produto elaborado com polvilho azedo.

Elaboração de pão de queijo com substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (*Ipomoea batatas*) submetido a diferentes processos de secagem

ZAVAREZE, E. R. et al.

A substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce seco em estufa diminuiu significativamente o volume específico dos pães de queijo a partir de 20% de substituição, por outro lado, o volume dos pães de queijo com amido de batata-doce seco ao sol não apresentou diminuição significativa até 40% de substituição. A redução do volume é atribuída à menor capacidade de expansão do amido de batata-doce seco ao sol em relação ao amido de mandioca.

A Figura 3 apresenta o volume específico dos pães de queijo submetidos ao congelamento.

O congelamento da massa dos pães de queijo elaborados com amido de batata-doce seco em estufa (Figura 3a) não afetou o volume específico, existindo

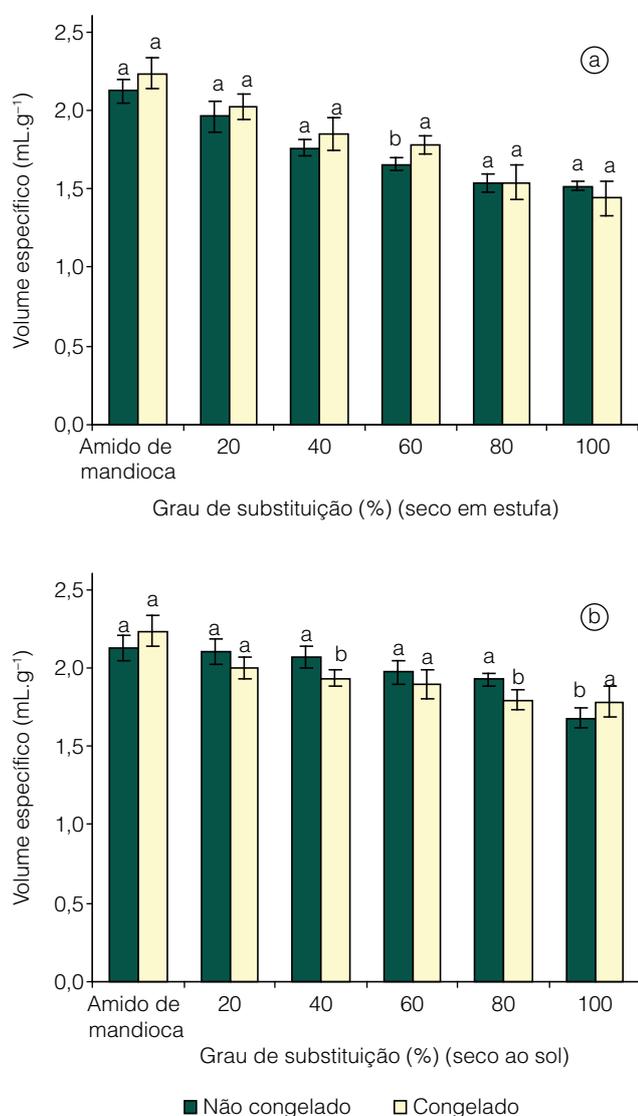


Figura 3. Volume específico dos pães de queijo não congelados e congelados com amido de batata-doce seco em estufa a) e seco ao sol b). Letras diferentes entre não congelado e congelado para um mesmo percentual de substituição diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

diferença apenas para a mistura contendo 60% de amido de batata-doce, a qual apresentou menor volume específico em relação aos congelados. O congelamento da massa dos pães de queijo elaborados com amido de batata-doce seco ao sol (Figura 3b) diminuiu o volume específico das misturas de 40 e 80% e aumentou o das misturas de 100% de substituição. Entretanto, o efeito do congelamento foi menos intenso para o volume específico dos pães de queijo que o efeito do aumento da proporção dos amidos de batata-doce.

Na Figura 4, pode-se observar as diferenças entre os tipos de amido na produção de pão de queijo e a influência do congelamento. Os pães de queijo congelados (d, e e f) apresentaram alvéolos menores em relação aos não congelados (a, b e c).

3.3 Textura

A firmeza é um parâmetro de textura que corresponde à força aplicada para ocasionar deformação da amostra avaliada em texturômetro e está correlacionada com a mordida humana durante a mastigação dos alimentos. A flexibilidade corresponde à capacidade da amostra em retornar ao seu tamanho original após compressão. Os resultados de firmeza e flexibilidade dos pães de queijo estão apresentados na Figura 5.

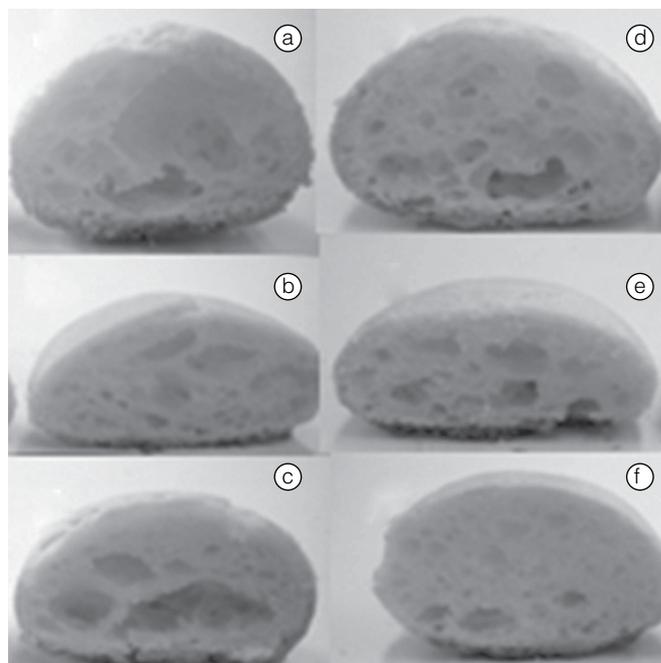


Figura 4. Corte transversal dos pães de queijo: não congelado com 100% de amido de mandioca (a); não congelado com 100% de amido de batata-doce seco em estufa (b); não congelado com 100% de amido de batata-doce seco ao sol (c); congelado com 100% de amido de mandioca (d); congelado com 100% de amido de batata-doce seco em estufa (e); congelado com 100% de amido de batata-doce seco ao sol (f).

Elaboração de pão de queijo com substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (*Ipomoea batatas*) submetido a diferentes processos de secagem

ZAVAREZE, E. R. et al.

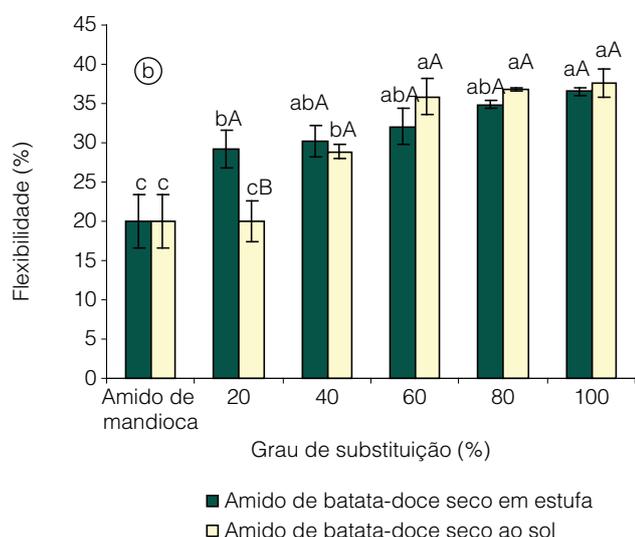
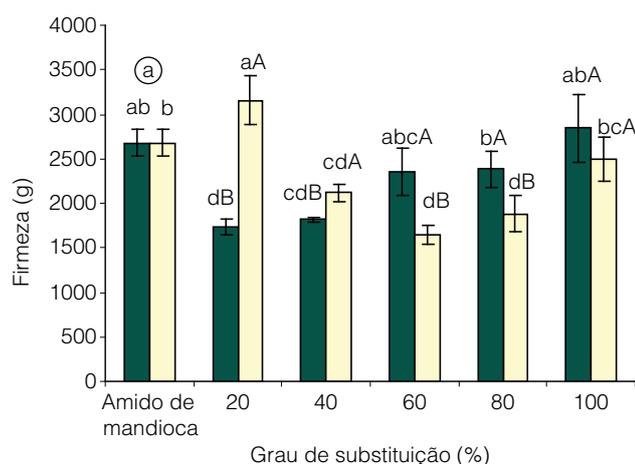


Figura 5. Firmeza a) e Flexibilidade b) dos pães de queijo nas diferentes formulações. Letras minúsculas diferentes entre os percentuais de substituição e letras maiúsculas diferentes entre os amidos seco em estufa e seco ao sol diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Para o parâmetro firmeza, não houve diferença significativa entre os pães de queijo elaborados com os amidos puros, entretanto, entre as misturas ocorreram diferenças, mas estas não apresentaram uma tendência de comportamento (Figura 5a). Conforme a Figura 5b, pode-se observar que à medida que se aumentou a substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce, aumentou a flexibilidade dos pães de queijo, não havendo diferença significativa entre os amidos seco em estufa e seco ao sol, com exceção da formulação elaborada com 20% de substituição. A adição do amido de batata-doce seco em estufa promoveu aumento significativo na flexibilidade até 20% de substituição, e o seco ao sol até 60%, mantendo-se igual para as misturas com maior percentual de substituição.

Na Figura 6, estão apresentados os resultados de firmeza dos pães de queijo com massa não congelada

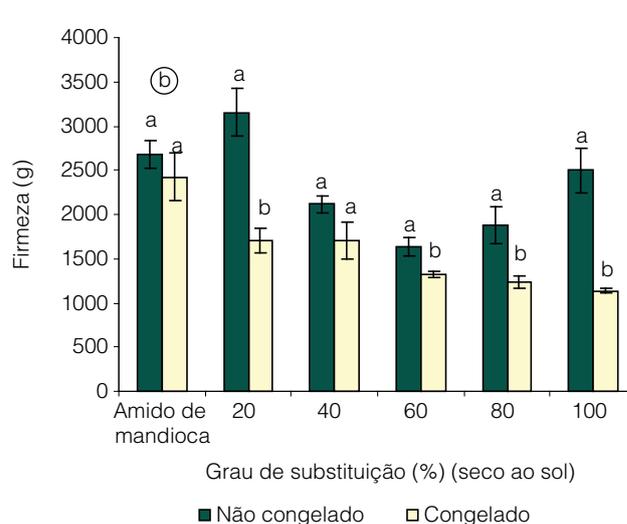
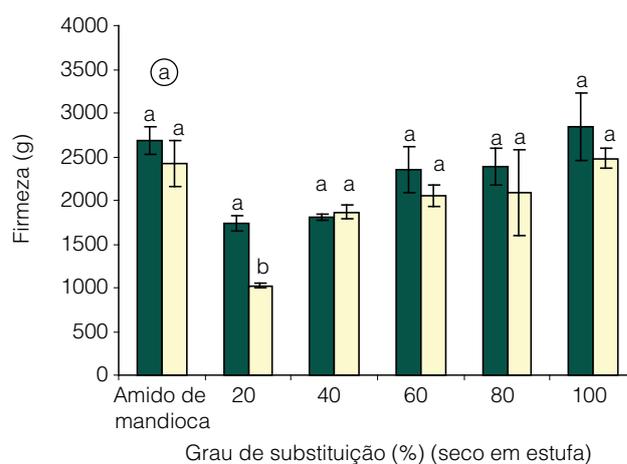


Figura 6. Firmeza dos pães de queijo não congelados e congelados nas diferentes formulações com amido de batata-doce seco em estufa a) e seco ao sol b). Letras diferentes entre não congelado e congelado, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

e congelada e diferentes percentuais de substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce seco em estufa e seco ao sol.

Observando a Figura 6a, verifica-se que o congelamento não afetou o parâmetro de firmeza dos pães de queijo elaborados com amido de batata-doce seco em estufa, com exceção da formulação com 20% de substituição. No entanto, para os pães de queijo elaborados com amido de batata-doce seco ao sol (Figura 6b), o congelamento reduziu a firmeza dos produtos, diferenciando significativamente ($p < 0,05$) nas formulações com 20, 60, 80 e 100% de substituição. De acordo com Sae-kang e Supphantharika (2006), quando o alimento é congelado, a formação de cristais de gelo na matriz provoca estresse físico. No descongelamento, esses cristais fundem-se, ocorrendo perda de umidade e textura mais macia.

Elaboração de pão de queijo com substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (*Ipomoea batatas*) submetido a diferentes processos de secagem

ZAVAREZE, E. R. et al.

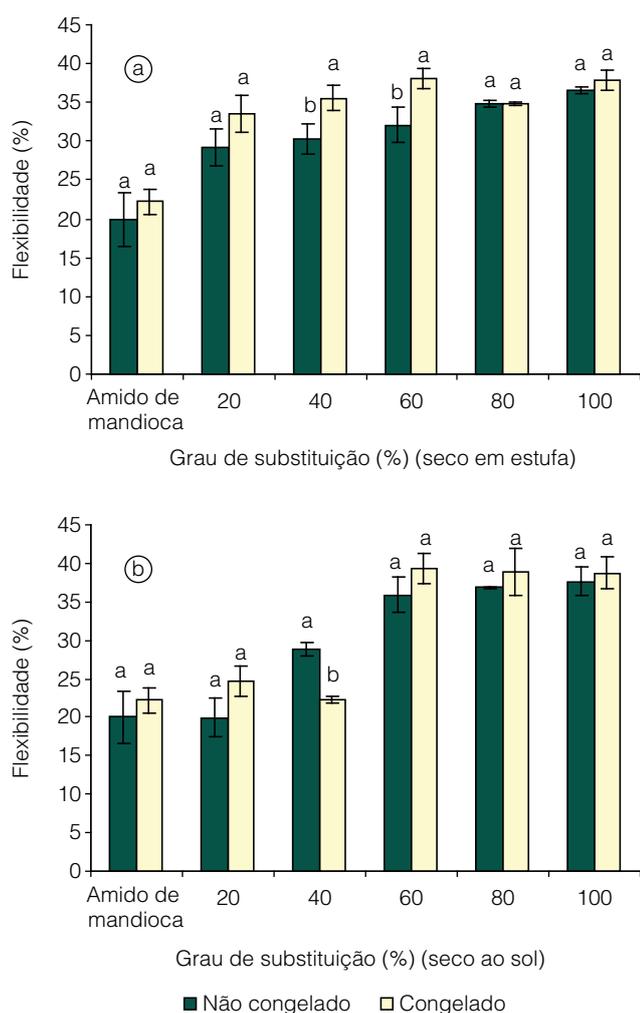


Figura 7. Flexibilidade dos pães de queijo não congelados e congelados nas diferentes formulações com amido de batata-doce seco em estufa a) e seco ao sol b). Letras diferentes entre não congelado e congelado, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Na Figura 7 estão apresentados os dados de flexibilidade dos pães de queijo com massa não congelada e congelada em diferentes percentuais de substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce seco em estufa e seco ao sol.

O congelamento não afetou a flexibilidade dos pães de queijo (Figura 7a) da maioria das formulações. As misturas com 40 e 60% de substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce seco em estufa, apresentaram aumento na flexibilidade. A mistura com 40% de substituição por amido de batata-doce seco ao sol apresentou redução na flexibilidade (Figura 7b).

4 Conclusões

O amido de batata-doce seco ao sol proporciona maior volume específico aos pães de queijo do que o amido de batata-doce seco em estufa. A substituição de

até 40% do amido de mandioca por amido de batata-doce seco ao sol não altera o volume específico dos pães de queijo. Pães de queijo elaborados somente com amido de batata-doce apresentam aumento na flexibilidade sem alterar a firmeza. O congelamento da massa dos pães de queijo não altera o volume específico e a flexibilidade do produto, no entanto, reduz a firmeza dos pães de queijo com amido de batata-doce seco ao sol.

Agradecimentos

À CAPES e ao CNPq, pelas bolsas de estudo, e à Secretaria de Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul, pelo financiamento do projeto.

Referências

- APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Caracterização de amidos de mandioca nativos e modificados e utilização em produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 787-792, 2007.
- BEMILLER, J. N. Starch modification: changes and prospects. **Starch/Stärke**, Weinheim, v. 49, n. 4, p. 127-131, 1997.
- BERTOLINI, A. C.; MESTRES, C.; LOURDIN, D.; DELLA VALLE, G.; COLONNA, P. Relationship between thermomechanical properties and baking expansion of sour cassava starch (polvilho azedo). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 81, n. 4, p. 429-435, 2001.
- CEREDA M. P. Amidos modificados. **Boletim Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 1, p. 31-36, 1996.
- CEREDA, M. P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 63-68, 1987.
- DIAS, A. R. G. **Efeito de oxidantes, de ácidos orgânicos e de fração solúvel em água na propriedade de expansão do amido de mandioca fermentado**. Campinas, 2001. 149 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- ESTELLER, M. S.; LANNES, S. C. S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 25, n. 4, p. 802-806, 2005.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Dados agrícolas de 2005**. Roma, 2008. Disponível em: <http://www.fao.org/>. Acesso em: 18 jun. 2008.
- GARCIA, A. C. D. B.; LEONEL, M. Efeito da concentração de ácido láctico sobre a propriedade de expansão em amidos modificados fotoquimicamente. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 629-634, 2005.

Elaboração de pão de queijo com substituição do amido de mandioca por amido de batata-doce (*Ipomoea batatas*) submetido a diferentes processos de secagem

ZAVAREZE, E. R. et al.

- LEONEL, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 3, p. 579-588, 2007.
- LEONEL, M.; SARMENTO, S. B. S.; FRANCO, C. M. L.; OLIVEIRA, M. A.; CEREDA, M. P. Avaliação de cultivares de batata doce como matéria-prima para extração de amido. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 7, n. 1, p. 47-55, 2004.
- MINIM, V. P. R.; MACHADO, P. T.; CANAVESI, E.; PIROZI, M. R. Perfil sensorial e aceitabilidade de diferentes formulações de pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 154-159, 2000.
- PEREIRA, A. J. G. **Fatores que afetam a qualidade do pão de queijo**. Belo Horizonte: CETEC, 1998. 52 p.
- PEREIRA, J.; CIACCO, C. F.; VILELA, E. R.; PEREIRA, R. G. F. A. Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 494-500, 2004.
- PIZZINATTO, A.; MAGNO, C. P. R.; CAMPAGNOLLI, D. M. F. **Avaliação tecnológica de produtos derivados da farinha de trigo (pão, macarrão, biscoitos)**. Campinas: Centro de Tecnologia de Farinhas e Panificação; Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL), 1993. 54 p.
- PLATA-OLVIDO, M. S. V. **Secagem do amido fermentado de mandioca**: modificação química relacionada com a propriedade de expansão e características físico-químicas. Campinas, 1998. 114 p. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.
- SAE-KANG, V.; SUPHANTHARIKA, M. Influence of pH and xanthan gum addition on freeze-thaw stability of tapioca starch pastes. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 65, n. 3, p. 371-380, 2006.
- TEIXEIRA, E. M. **Utilização de amido de mandioca na preparação de novos materiais termoplásticos**. São Carlos, 2007. 201 p. Tese (Doutorado em Físico-Química) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos.
- TOMASIK, P.; ZARANYIKA, F. Nonconventional methods of modification of starch. **Advances in Carbohydrate Chemistry and Biochemistry**, San Diego, v. 51, n. 9, p. 243-321, 1995.
- VATANASUCHART, N.; NAIVIKUL, O.; CHAROENREIN, S.; SRIROTH, K. Molecular properties of cassava starch modified with different UV irradiations to enhance baking expansion. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 61, n. 1, p. 80-87, 2005.
- XIE, X.; LIU, Q.; CUI, S. W. Starch modifications and applications. In: CUI, S. W. (Ed.). **Food carbohydrates: chemistry, physical properties and applications**. Boca Raton: CRC Press, 2005. p. 357-406.
- Z Aidul, I. S. M.; NIK NORULAINI, N. A.; MOHD OMAR, A. K.; YAMAUCHI, H.; NODA, T. RVA analysis of mixtures of wheat flour and potato, sweet potato, yam, and cassava starches. **Carbohydrate Polymers**, Barking, v. 69, n. 4, p. 784-791, 2007.