

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**

**NATÁLIA CARVALHO MONTENEGRO DE VASCONCELOS**

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO SOBRE AS  
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, SENSORIAIS E DIGESTIBILIDADE DE  
BATATAS (*Solanum tuberosum* L.) FRITAS**

Recife

2014

NATÁLIA CARVALHO MONTENEGRO DE VASCONCELOS

**INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS  
FÍSICAS, SENSORIAIS E DIGESTIBILIDADE DE BATATAS (*Solanum tuberosum*  
L.) FRITAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição, do Centro de Ciências da Saúde, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Nutrição. Área de concentração: Ciência dos alimentos.

ORIENTADOR (A): PROF<sup>a</sup>. DRA. TÂNIA LUCIA MONTENEGRO STAMFORD

CO-ORIENTADOR (A): PROF<sup>a</sup>. DRA. SILVANA MAGALHÃES SALGADO

Recife

2014

NATÁLIA CARVALHO MONTENEGRO DE VASCONCELOS

INFLUÊNCIA DO TRATAMENTO TÉRMICO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS  
FÍSICAS, SENSORIAIS E DIGESTIBILIDADE DE BATATAS (*Solanum tuberosum* L.)

FRITAS

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-graduação em Nutrição, da  
Universidade Federal de Pernambuco para  
obtenção do título de Mestre em Nutrição.

Data de defesa: 26/02/2014

Resultado: APROVADA

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dra. Tânia Lucia Montenegro Stamford

---

Prof. Dra. Alda Verônica Souza Livera

---

Prof. Dra. Samara Alvachian Cardoso Andrade

Recife

2014

Ao bem mais precioso que possuo, a  
minha família:  
Meus pais, Marconi e Lucia;  
Minha irmã Mariana;  
E meu noivo Felipe.

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, à Deus. Só Ele é capaz de determinar o tempo certo para cada coisa, as pessoas certas, o caminho certo. E para tudo isso a força e determinação necessárias.

A Meishu-Sama, pois é impossível atingir um objetivo caminhando na escuridão, é preciso luz.

Aos meus pais Marconi Pierre e Lucia Vieira, fundamentais para que eu me tornasse quem sou. Onde eu cheguei, o que eu conquistei, quantas vezes levantei, quantas vezes despertei, quantas vezes comemorei, quantas vezes perseverei, devo tudo isso à vocês, pois sempre acreditaram em mim. Agradeço por tanto amor, vocês me ajudaram a chegar aqui cada vez mais firme e forte.

A minha irmã Mariana Montenegro, que assim como eu, está em busca dos seus objetivos. Mesmo longe, morando na Itália, me incentiva de uma forma impressionante e se alegra por cada passo que eu dou. Estou com saudades da sua fofura.

Ao meu noivo Felipe Torres, que compreendeu a minha dedicação, incentivou minha caminhada e aguentou todas as minhas crises de sonambulismo. Resultado de anos de convivência, fidelidade e companheirismo, obrigada por estar ao meu lado.

A minha orientadora, Tâmia Stamford, por ter aceito o desafio de participar deste trabalho, pela confiança que depositou em mim e pela alegria a cada pequena conquista.

A minha co-orientadora Silvana Salgado. Seria maravilhoso se Deus fizesse mais pessoas iguais a você. Poucas pessoas me colocaram no colo, olharam em meus olhos e me levaram no coração, com tanta alegria e irreverência como você fez. Obrigada pela confiança e colaboração na vida acadêmica e pessoal.

A minha amiga e professora Vivianne Padilha. Sabe aquelas pessoas que tem o poder de transformar a sua vida? Agradeço pelo encaminhamento à docência, as lições de vida, direcionamento espiritual e pela alegria do dia-a-dia.

A minha amiga e professora Michelle Galindo, não há melhor exemplo pra quem queira saber o que é fazer o bem e receber sempre mais. Você apareceu como um anjo e me ajudou a atravessar muitos obstáculos, devo muito as suas contribuições.

As queridas professoras Karina Silveira, Ruth Guilherme, Vivianne Lansky, Thaise e Nonete Guerra, que sempre me encontravam pelos corredores enquanto eu arrastava meu carrinho ou fritava minhas batatinhas. Obrigada pelos conselhos, incentivos e socorro prestados.

As maravilhosas professoras da banca examinadora, Alda Livera, Margarida Angélica e Samara Alvachian, pelas infinitas contribuições que já foram dadas e pelas que ainda estão por vir. Obrigada pela atenção, pelo carinho e por aceitar participar deste momento tão especial em minha vida.

A minha prima Jamille Mineo e ao seu pinguinho de alegria João Magalhães, com vocês consegui um apoio para superar os momentos difíceis de um mestrado, pois só vocês me compreendiam a situação acadêmica, e ao mesmo tempo foram exemplos de superação na vida obrigada pelo “help”.

Aos meus avós, Berenice Montenegro, Antônio Vasconcelos (*in memorian*), Noêmia Vieira (*in memorian*) e José Monteiro (*in memorian*), por terem me dado tanto amor, mostrando o quanto é bom ser neto, o que é ser amado. Obrigada pelos singelos ensinamentos que levarei por toda vida. Saudades...

Ao quarteto fantástico, Eu (Natão), Bruna Mendonça (Brulu), Catarine Santos (Catão) e Dayse Lima (Plêio), sempre foram ótimas ouvintes do meu desabafo. Agradeço a fidelidade de uma amizade que começou na UFPE e vai durar a vida inteira.

A minha segunda família, desde o meu nascimento Maria de Fátima (Fafinha), Maria José (Zezé), Maria de Lourdes (Dinha) e Adriana Santos (Diana), pelo amor incondicional e por sustentar o meu caminhar durante todos esses anos com tanta dedicação, cresci com vocês e hoje vejo meus afilhados Paulo Henrique e Everton Gabriel com o mesmo amor.

Aos técnicos e funcionários do LEAAL, Solange, Lourdes, Silvinha, Suelen, Vivaldo, Arthur, Olívia, Camilo, Alexandre, Moisés, por me ajudarem a resolver as maiores broncas do dia-a-dia, vocês me ajudaram bastante.

Aos técnicos do CETENE, Gian, Diego, Fábia e Gabriela, que atenderam gentilmente aos meus pedidos e que colaboraram bastante com a produção destes resultados. Eu não conseguiria sem a ajuda de vocês.

A toda minha família, tios e tias, primos e primas, que nunca mais me viram, pois estive direcionada para este momento, em especial a Sandra Simone e Messias Pierre, que compartilham da mesma alegria de estudar. Agora posso dividir esta alegria com todos vocês.

---

*“Quando o amor e a fé estão juntos, não existem limites para os sonhos.”*

365 mensagens e reflexões, Ed.  
Soler (2007).

---

## RESUMO

O consumo de alimentos processados conduz a indústria alimentícia à necessidade de realizar mais estudos acerca das tecnologias utilizadas, tendo em vista que além da praticidade também é exigido melhor valor nutricional. A batata frita é um alimento bastante apreciado pelos consumidores devido às características sensoriais que adquire durante a fritura, sendo bastante difundidas durante as refeições, apesar do elevado teor calórico e resposta glicêmica apresentados pela literatura. Tendo em vista que o branqueamento e o congelamento potencializam a qualidade deste produto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência do branqueamento com sais associado ao congelamento sobre a biodisponibilidade do amido de batatas sensorialmente aceitas. Para tanto, as batatas foram submetidas aos branqueamentos B0 ou padrão, em água destilada, B1: em solução de cloreto de sódio - 3%; B2: em solução de cloreto de cálcio - 3%, e B3: com ambos os sais na mesma concentração, e, congeladas por 24 horas e 30 dias a -18°C. Após este tempo as batatas foram fritas em óleo de soja (100g amostras/600ml óleo), e submetidas as determinações analíticas: sensoriais (teste de comparação múltipla e ordenação por preferência), físico-químicas (teor de lipídeos, fibra alimentar, amido resistente, amido total, amido disponível, índice glicêmico e carga glicêmica) e físicas (textura instrumental, colorimetria, difração de raio-x e microscopia eletrônica de varredura). Com relação aos parâmetros sensoriais, instrumentais e teor de lipídeos os resultados demonstraram que a solução de branqueamento com cloreto de sódio e cloreto de cálcio proporcionou a menor absorção de óleo e menor oleosidade, porém, textura mais rígida e sabor residual amargo, com consequente menor preferência global. O maior tempo de congelamento proporcionou o aumento de luminosidade de batatas processadas, exceto para o uso do cloreto de sódio, que intensificou a cor amarela. Com relação à microestrutura dos grânulos de amido, frações de carboidrato e resposta glicêmica, estas foram determinadas na batata sensorialmente aceita (B1). Foram avaliadas a microestrutura e o padrão de cristalinidade, no amido isolado da batata processada, e, amido resistente, fibra alimentar, índice glicêmico e a carga glicêmica das batatas processadas. Verificou-se que o branqueamento não alterou o tipo do cristal do grânulo, contudo reduziu o percentual de área amorfa e aumentou a área cristalina. O congelamento não influenciou a formação de amido resistente. Ao longo do armazenamento congelado houve redução do índice glicêmico e aumento do teor de fibra alimentar, e todas as batatas processadas apresentaram baixos índice e carga glicêmicas. Conclui-se que o branqueamento com sais associado ao congelamento é um método eficiente para melhorar as características sensoriais e modificar as propriedades do amido de batata frita, trazendo benefícios para o consumidor.

**Palavras chave:** Batata. Branqueamento. Congelamento. Cloreto de sódio. Cloreto de cálcio. Índice glicêmico.

## ABSTRACT

The consumption of processed foods leads food industry to the need further studies on the technologies used, bearing in mind that apart from the required convenience is also improved nutritional value. French frie is very appreciated by consumers due to the sensory characteristics that acquires during frying, being quite widespread during meals, despite the high calorie and glycemic response presented in the literature. In view of bleaching and freezing steps potentiate the quality of this product, the aim of this study was to evaluate the influence of bleaching salts associated with freezing on the bioavailability of starch from potatoes sensorially accepted. For this purpose, the potatoes were subjected to bleaching B0 or pattern, in distilled water, B1: sodium chloride - 3%; B2: solution of calcium chloride - 3%, and B3: both salts in the same concentration, and frozen for 24 hours and 30 days, at -18 ° C. After this time, potatoes were fried in soybean oil (100g food/600ml oil), and submitted to analytical determinations: sensory test (multiple comparison and ranking of preference) physicochemical (lipid content, dietary fiber, resistant starch, total starch, available starch, glycemic index and glycemic load) and physical (instrumental texture, colorimetry, x -ray diffraction and scanning electron microscopy). About sensory, instrumental parameters and lipid content results showed that the bleaching solution with sodium chloride and calcium chloride gave the lowest oil absorption and less oiliness, but more rigid texture and a bitter aftertaste, with consequent lower global preference. The longer freezing time increased brightness of processed potatoes, except for the use of sodium chloride, which intensified the color yellow. Regarding the microstructure of starch granules, fractions of carbohydrate and glycemic response, these were evaluated in potato accept sensory (B1). The levels of digestible starch, resistant starch, dietary fiber, glycemic index and glycemic load of processed potatoes, the microstructure and the pattern of crystallinity were studied in the isolated starch potato processed. It has been found that bleaching did not change the crystal type granule, but reduced the percentage of amorphous area and the crystalline area increased. Freezing did not affect the formation of resistant starch. Along the frozen storage decreased the glycemic index and increased dietary fiber content, and all processed potatoes had low glycemic index and load. The results were promising, the consumption of potatoes being processed favorably, but more studies of the effects of food on glycemic response, when inserted in conjunction with diet and in human physiology are required.

**Keywords:** Potatoes. Blanching. Freezing. Sodium chloride. Calcium chloride. Glycemic index.

## Sumário

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1. APRESENTAÇÃO.....</b>                            | <b>13</b> |
| <b>2. OBJETIVO GERAL.....</b>                          | <b>15</b> |
| <b>4. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>                  | <b>15</b> |
| <b>5. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>                     | <b>25</b> |
| 5.1    Amostras .....                                  | 25        |
| 5.2    Processamento das amostras .....                | 25        |
| 5.3    Análises Microbiológicas .....                  | 26        |
| 5.4    Análise Sensorial .....                         | 26        |
| 5.5    Textura .....                                   | 26        |
| 5.6    Lipídeos .....                                  | 27        |
| 5.7    Colorimetria .....                              | 27        |
| 5.8    Microscopia eletrônica de varredura (MEV) ..... | 27        |
| •    Isolamento do amido de batata frita .....         | 27        |
| 5.9    Difração de raio-X .....                        | 28        |
| 5.10    Fibra alimentar .....                          | 29        |
| 5.11    Amido resistente .....                         | 29        |
| •    Cálculo do amido resistente.....                  | 30        |
| 5.12    Índice glicêmico.....                          | 31        |
| 5.13    Carga Glicêmica .....                          | 32        |
| 5.14    Análise estatística .....                      | 32        |
| <b>6. RESULTADOS.....</b>                              | <b>33</b> |
| <b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>                   | <b>55</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                               | <b>56</b> |
| <b>APÊNDICES .....</b>                                 | <b>64</b> |
| <b>APÊNDICE A .....</b>                                | <b>65</b> |





## 1. APRESENTAÇÃO

Os carboidratos são a mais importante fonte energética da dieta humana, podendo ser encontrados em abundância nos tubérculos, como a batata (*Solanum tuberosum* L.), fonte de amido bastante consumida mundialmente (PEREIRA, LUZ e MOURA, 2005). Seus grânulos são formados por moléculas de amilose e amilopectina, que estão organizadas internamente garantindo propriedades como semi-cristalinidade do tipo B, conferindo uma maior resistência à digestão enzimática (LEE et al., 2011).

Dentre as preparações elaboradas com este tubérculo, a batata frita é uma das mais apreciadas pela população devido às características sensoriais agradáveis que adquire durante o processamento com calor térmico. Este alimento possui elevado índice glicêmico (IG), que pode chegar a 107, relacionado aos altos percentuais de amido presente (65-85% do peso seco), no entanto esta biodisponibilidade pode de acordo com a cultivar do vegetal e com o processamento utilizado (FOSTER-POWEL, HOLT e BRAND-MILLER, 2002; FAO/WHO, 2002; GOÑI, 2002; SURGIS, 2011). Além disso existem benefícios atrelados ao consumo deste alimento, evidências de que quando preparada adequadamente é um veículo de ácidos graxos essenciais e reduz a formação de ácidos graxos *trans*, além de absorver pouca gordura do meio de fritura (SANIBAL e MANCINI FILHO, 2004).

O desenvolvimento de processamentos pela indústria de alimentos é crescente, como os hidrótérmicos que tem demonstrado ser capazes de modificar as propriedades reológicas do amido, ampliando os benefícios da ingestão deste tipo de carboidrato e seu impacto na alimentação e saúde do consumidor. Operações como o branqueamento e o congelamento, são capazes de modificar o arranjo estrutural interno da amilose e amilopectina através da cocção em água, que promove a gelatinização, e, a posterior retrogradação durante o resfriamento e congelamento.

A utilização de sais durante o branqueamento é um artifício modifica as características sensoriais (BUNGER, MOYANO e PEDRESCHI, 2003), melhorando a cor, aumentando a crocância externa e maciez interna, acrescentando sabor e reduzindo o teor de óleo, em conjunto com as possíveis alterações na estrutura do grânulo, devido a interação dos sais, sódio e cálcio, com os componentes do amido, refletindo no aproveitamento do mesmo. O congelamento, além de ser utilizado para conservação do alimento, é outra etapa do processamento que poderá alterar a biodisponibilidade do carboidrato, pois favorece a

formação de amido resistente (AR), associada a benefícios para a flora intestinal e possível relação com a redução da resposta glicêmica (BUNGER, MOIANO e RIOSECO, 2003; RIMAC-BRNIC et al., 2004; PEDRESCHI et al., 2007).

Considerando que FAO/WHO, (2002) preconiza o consumo de alimentos de baixo a moderado índice glicêmico visando o benefício da manutenção da saúde da população, o processamento adicionado de sais e associado ao congelamento se configura como uma alternativa tecnológica para modificar a biodisponibilidade do amido, e assim corroborar com o avanço dos conhecimentos e possibilitar a inclusão batata frita processada nesta tendência alimentar. Diante do exposto, foram estudadas as condições de processamento das batatas, afim de evidenciar a interferência nos atributos sensoriais e na digestibilidade deste alimento.

## **2. OBJETIVO GERAL**

- Avaliar a influência do branqueamento com sais associado ao congelamento sobre as características físicas, sensoriais e digestibilidade de batatas fritas.

## **3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Avaliar a qualidade dos atributos sensoriais e parâmetros instrumentais de batatas fritas;
- Caracterizar a microestrutura física do grânulo de amido de batata processada;
- Analisar a influência dos tratamentos sobre as frações de carboidratos e a digestibilidade de batata frita.

#### 4. REVISÃO DA LITERATURA

A batata (*Solanum tuberosum*) é originária da região dos Andes, América do Sul, e é cultivada desde a era pré-colombiana, fazendo parte da alimentação e fortalecimento do império Inca (PÁDUA, 2010). Pertence à família das Solanaceae e é uma planta herbácea, sendo o produto comercial encontrado nos tubérculos, que armazenam cerca grandes quantidades de amido, representando entre 60 a 80% do teor de matéria seca (FREITAS et al., 2006). É composta por cerca de 15g de carboidratos, 82,9% de umidade e 1,5 g de fibra alimentar (PEREIRA, LUZ e MOURA, 2005; MENDEZ et al., 1995; NEPA-UNICAMP, 2011). É uma das mais importantes fontes de alimento para a população humana em virtude da elevada produtividade e qualidade nutricional dos seus tubérculos, além da versatilidade gastronômica, formas de processamento e tecnológica (FELTRAN et al., 2004; MULLER et al., 2009; PÁDUA, 2010).

A cultivar monalisa é uma das variedades mais populares, devido a sua alta produtividade. Ela apresenta formato oval alongado, variando dos 3 aos 15 centímetros, película amarela e lisa de aspecto brilhante, com pequenos olhos superficiais, polpa amarela clara e ligeiramente granulada, além de possuir baixo teor de matéria seca. É bastante utilizada em preparações domésticas convencionais, devido ao elevado cultivo e oferta nacional (PEREIRA, LUZ e MOURA, 2005).

Quanto à estrutura interna, Singh e Singh (2001) observaram a forma e o tamanho dos grânulos de amido de várias cultivares de batata, e relataram que estes variam entre oval, regular e cuboidal, com diâmetros médios entre 10-45  $\mu\text{m}$ . Leonel (2007) descreveu formatos circulares e ovalados, com predomínio de diâmetros entre 20-40  $\mu\text{m}$ . Já Alexander (1995) observou formatos ovais e esféricos, com diâmetros variando entre 5 e 100  $\mu\text{m}$ . Esta mensuração se faz importante, visto que as propriedades térmicas dos amidos estão estreitamente relacionadas com o tamanho e a distribuição dos grânulos (LEONEL, 2007).

Durante as últimas décadas com a considerável preferência pelo consumo de batata processada industrialmente, na forma de fritura, torna-se essencial a identificação dos parâmetros de qualidade dos tubérculos (ANDREU et al., 2007). Os caracteres que influenciam a escolha destes para industrialização, e incluem o teor de matéria seca maior que 21%, peso específico de 1,08 e açúcares redutores inferiores a 3% da matéria úmida (VENDRUSCOLO & ZORZELLA, 2002).

- **Amido: características e biodisponibilidade**

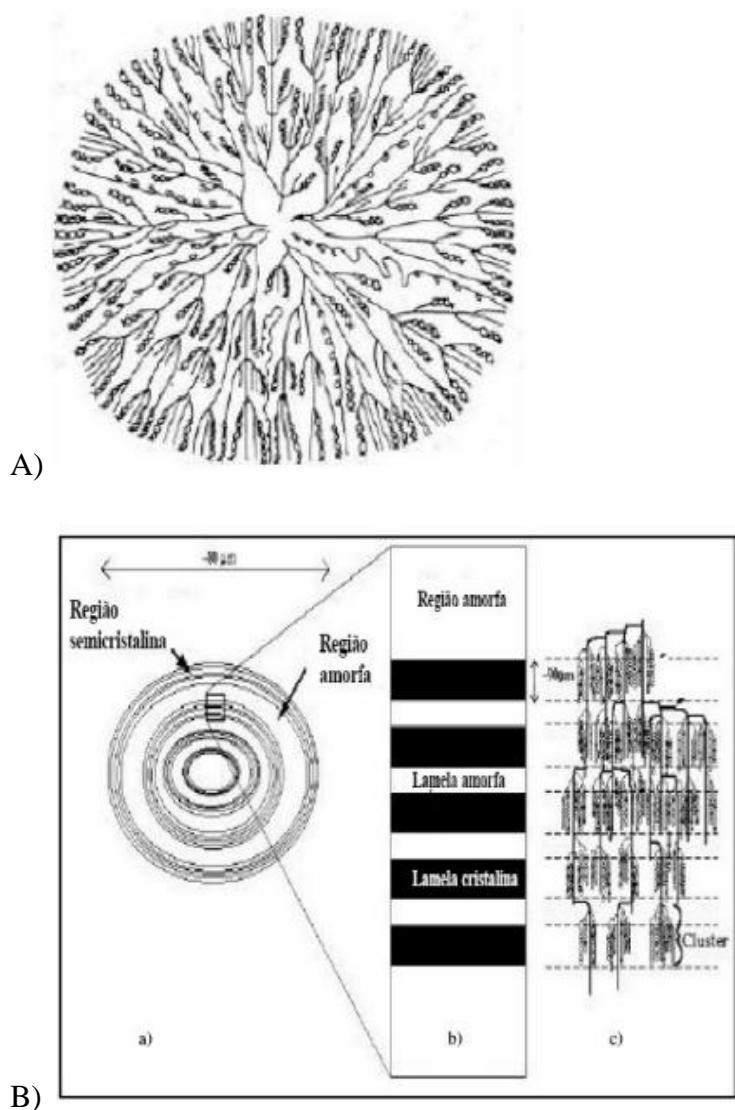
Dos carboidratos que representam de 40 a 80% do valor energético total da alimentação diária, o amido é a mais importante fonte de glicose da dieta humana (SALGADO et al., 2005; SINGH, DARTOIS e KAUR, 2010). Este é um biopolímero semicristalino que atua como reserva energética das plantas, incluindo os tubérculos. Seus grânulos são compostos por macromoléculas de amilose e amilopectina e podem variar em formato, tamanho, estrutura e composição química, dependendo da origem botânica (JANE e SHEN, 1993; SMITH, 2001).

A amilose é uma substância composta por unidades de D-glicose ligadas entre si por ligações do tipo  $\alpha$ -1,4. É uma molécula linear e apresenta propriedades importantes na funcionalidade do amido. A amilopectina é uma molécula formada de polímeros curtos de amilose unidas por ligações  $\alpha$ -1,6, formando uma estrutura ramificada. A funcionalidade do grânulo amido é devido ao percentual destas macromoléculas, bem como, a sua organização física na estrutura interna (ARAÚJO et al., 2011; LIU, 2005).

A disposição da amilose e da amilopectina nos grânulos caracteriza as regiões cristalinas e amorfas do grânulo, organizadas também em camadas alternadas (Figura 1A e 1B). As regiões cristalinas são formadas por cadeias ramificadas de moléculas de amilopectina, mais ordenadas, alternadas com camadas amorfas (Figura 2). A zona amorfa é a menos densa e ordenada, portanto, mais suscetível ao ataque enzimático, além de absorver mais água abaixo das temperaturas de gelatinização (BILLIADERIS, 1991; GALLANT et al., 1992; LIU, 2005). A natureza química da amilose permite a formação de complexos com pequenas moléculas de natureza hidrofóbica, como o amido nos cereais, nas quais está complexada com lipídeos, o que pode reduzir a degradação do amido por enzimas. Já a estrutura ramificada da amilopectina permite maior espaçamento entre as moléculas, facilitando a entrada de água, carreando grandes quantidades de enzimas digestivas (MOREIRA et al., 2011).

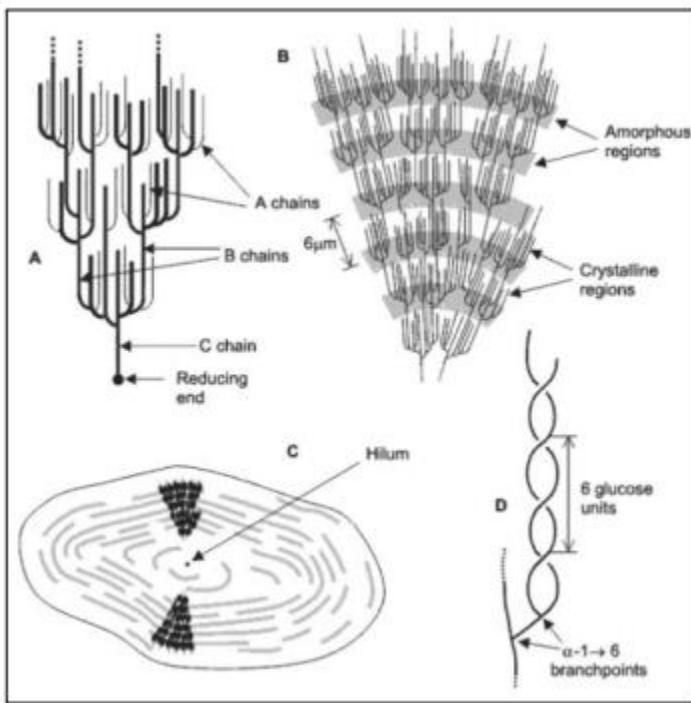
Quanto à cristalinidade, o grânulo de amido pode exibir três tipos de estrutura cristalina, caracterizadas através da análise de difração de raio-X, sendo estas: tipo A, B ou C (Figura 3). Amidos com cadeias de curto comprimento exibem cristalinidade tipo A (picos do difratograma definidos em torno dos 19,7°, 20,8° e 26,6° a 20) sendo mais densos, apresentando menor disponibilidade para moléculas de água, e são encontrados geralmente nos cereais. As cadeias médias exibem cristalinidade do tipo B (picos do difratograma definidos em torno dos 6,3°; 17; 19,3; e entre 22 e 24° a 20) possuindo a capacidade quatro

vezes maior de prender moléculas de água e são encontrados em tubérculos, como a batata. As cadeias longas tendem a exibir cristalinidade do tipo C que é considerada como a combinação dos tipos de cristais A e B, e sendo encontrado nas leguminosas e sementes (JANE, WONG e MCPHERSON, 1997; KUAKPETTON e WANG, 2006; LOBO e SILVA, 2003; WANG JAY e WANG YU, 2008).

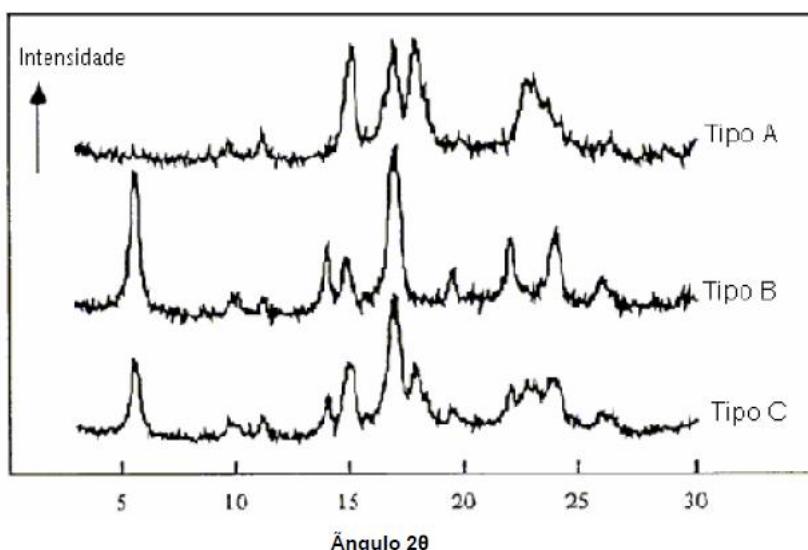


**Figura 1** – A) Visão geral da estrutura do grânulo de amido; B) Diferentes níveis de organização dos grânulos de amido: a) Grânulo de amido inteiro; b) Camadas semi-cristalinas alterando as lamelas amorfas e cristalinas; c) Correspondência entre o modelo bioquímico das lamelas cristalinas e amorfas (ROBIN et at., 1974)

Fonte: FRENCH, 1984



**Figura 2** – (A) Classificação das cadeias de amilopectina em A, B ou C; (B) Organização das estruturas de amilopectina formando as regiões cristalinas e amorfas do grânulo; (C) Orientação das moléculas de amilopectina de uma secção transversal de um inteiro idealizado do grânulo. Adaptado de PARKER e RING (2001).



**Figura 3** - Difratograma dos padrões A, B e C que representam os grânulos de amido de diversas fontes.

Fonte: BERTOLINI, 1995

O amido da batata *in natura* impossibilita a ação das enzimas digestivas, porém, durante a cocção os grânulos são gelatinizados/dextrinizados, tornando-se acessíveis à

digestão. Por outro lado, as frações de amido que não sofrem a ação das enzimas amilolíticas no intestino delgado, não sendo digerido nem absorvido, passa para o intestino grosso, sofrendo fermentação, e é denominado amido resistente (AR). Este que pode ser subdividido em quatro categorias, mas com propriedades de resistência semelhantes: AR 1, fisicamente inacessível pra digestão; AR 2, não gelatinizável; AR 3, retrogradado e AR 4, quimicamente modificado. Ambos os tipos estão presentes na dieta humana, podendo coexistir em um mesmo alimento, sendo o AR 3 é o mais comum, visto que é formado que pode ser formado no processamento caseiro (GALLANT et al., 1992; THOMPSON, 2000).

A formação de AR nos alimentos está condicionada a alguns fatores como processamento térmico e armazenamento. Quando o gel formado pelo amido esfria e envelhece, o grânulo gelatinizado forma novamente uma estrutura parcialmente cristalina, insolúvel e resistente à digestão enzimática, porém diferente da conformação inicial. A retrogradação da amilose, à temperatura ambiente, é um processo rápido, originando o AR3, já a retrogradação da amilopectina é mais lenta e os estudos não mostram a sua relação com a formação do AR (CHAMP & FAISANT, 1996; ENGLYST et al., 1992). Segundo a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TBCA-USP, 2008), a batata cozida por 18 min. contém 0,48g/100g de AR, a cozida por 18 min. e congelada por 24 horas contém 1,02g/100g de AR, em detrimento da batata frita que contém até 5,16g/100 de AR (MENDEZ et al., 1995). Portanto, o acréscimo do teor de AR está condicionado fenômenos de gelatinização e a retrogradação do amido, que proporcionam o rearranjo estrutural das cadeias de amilose e amilopectina. (MENEZES e LAJOLO, 1998; ROSIN, 2002; USP, 2008).

A funcionalidade do AR está em executar um papel similar às fibras alimentares, originando os ácidos graxos de cadeia curta (AGCC): acetato, butirato e propionato, além de ser um substrato que propicia o crescimento de microrganismos próbióticos (ARAÚJO et al., 2011; HIGGINS et al., 2004). Associados a estes benefícios há grande interesse no teor de AR devido seu potencial uso como ingrediente alimentar para aumentar o conteúdo de fibra alimentar (LAJOLO e MENEZES, 2006).

Fatores como o conteúdo de amilose, a temperatura, a forma física, o grau de gelatinização, o resfriamento e o armazenamento, afetam o conteúdo de AR 3 (GOÑI et al., 1997). Estes indicativos servem como base para explicar porque, ao contrário da fibra alimentar, a quantidade de AR dos alimentos pode ser manipulada de formas simples pelas técnicas de processamento, influenciando a taxa de digestão no intestino delgado (MUIR e O'DEA, 1992). A indústria alimentícia está sempre em busca do desenvolvimento e variedade

dos seus produtos, e para isso requer amidos que tolerem as diferentes técnicas e condições de processamento. Tais demandas são satisfeitas pela modificação de amidos nativos com métodos químicos, físicos e enzimáticos, que podem levar a formação de resíduos indigeríveis. Por essa razão, os métodos outrora utilizados somente com o objetivo de modificação de amido passaram a ser empregados para potencializar a produção dessa fração indigerível devido a sua importância para a saúde (SAJILATA, SINGHAL e KULKARNI, 2006).

O índice glicêmico, parâmetro utilizado para classificar os alimentos de acordo com a resposta glicêmica que promovem com relação a resposta observada após o consumo do alimento referência (glicose ou pão branco), avalia indiretamente a disponibilidade dos carboidratos (FAO/WHO, 1998; WOLEVER, 1991). A relação entre o IG e o conteúdo de AR são dois importantes indicadores da digestibilidade do amido (HU et al., 2004). Em geral, é aceito que o consumo de AR reduz as concentrações pós-prandiais de glicose, porém, estudos com humanos descrevem uma variabilidade nas respostas glicêmicas em função das propriedades físico-químicas, origem botânica, relação amilose/amilopectina, grau de cristalinidade, forma física e tipo de preparação do alimento (HELBIG, 2008; ARAÚJO et al., 2011). + estudos in vitro

As propriedades mais importantes com influência no valor nutricional do amido incluem a taxa e a extensão da digestão ao longo do trato gastrointestinal e o metabolismo dos monômeros absorvidos (LOBO e SILVA, 2003). A cinética de digestão dos carboidratos é determinada levando em consideração os fatores interferentes: como sua origem, forma física, interações com proteínas e lipídeos, teor de fibras, presença de anti-nutrientes e o processamento do alimento. Carvalho e Alfenas (2008), destacaram fatores complementares como: estágio de maturação do alimento, forma física, composição físico-química, teores de amilose e amilopectina, acidez, volume e temperatura de ingestão do alimento, além do estado fisiológico do indivíduo. É estabelecida uma classificação da digestibilidade, de acordo com a sua resposta glicêmica em: baixa ( $\leq 55$ ); moderada (56 -69) e alta ( $\geq 70$ ). Para avaliar a quantidade e qualidade dos carboidratos ingeridos, estimando o efeito glicêmico da dieta com base na porção de determinado alimento, realiza-se o cálculo da carga glicêmica (GOÑI, 1997; FOSTER-POWELL, HOST e BRAND-MILLER, 2002).

Na literatura o amido de batata está associado a elevados níveis glicêmicos, devido ao alto grau de gelatinização deste grânulo em preparações, como: batata assada (IG=60), batata

cozida no vapor (IG=65). Os valores do IG aumentam quando se trata da preparação frita, como segue na tabela abaixo:

**Tabela 1** – Índice glicêmico de batatas fritas segundo a literatura.

| <b>Índice glicêmico da batata frita</b>     |       |
|---|-------|
| Fonte                                       | Valor |
| Goñi et al., 1997                           | 81    |
| Foster-Powell, Holt e Brand-Miller (2002);) | 107   |
| FAO/WHO (1998)                              | 75    |
| Sugirs, 2011                                | 70    |

Os carboidratos têm um papel fisiológico essencial para o organismo. A taxa de digestão e absorção pode ser determinada pelo controle metabólico, sendo de grande interesse a utilização biológica dos carboidratos na alimentação humana, especialmente o amido e seu efeito na resposta glicêmica (JENKINS, 2002). Tem sido verificado que o baixo índice glicêmico da dieta tem melhorado as variáveis metabólicas não só no tratamento do diabetes, mas também para a estabilidade da glicemia em indivíduos saudáveis. É de interesse do ponto de vista nutricional elucidar os mecanismos através dos quais a taxa de digestão de amido pode ser reduzida, por conseguinte promover uma resposta glicêmica inferior, e, além disso, os mecanismos que proporcionam aumentar o rendimento do AR e da saciedade (WOLEVER et al., 1991; LEEMAN et al., 2006; LEE et al., 2011; AHN et al., 2013).

- **A batata frita e o processamento**

A fritura por imersão é uma operação unitária que envolve a imersão de alimentos para cocção em óleo aquecido, envolvendo a transferência de umidade e absorção de gordura, combinada com rápidos tempos de cocção, onde o alimento adquire características únicas (DANA & SAGUY, 2006). Os alimentos se tornam crocantes e mais agradáveis em sua textura ao serem mordidos, além de conferir cor dourada, brilhante e uniforme, melhorando sua apresentação e aumentando sabores e aromas, devido à incorporação de óleo ou ao desenvolvimento de novos compostos. A obtenção destas características demonstra importantes parâmetros de qualidade para batatas fritas, sendo a textura uma das mais importantes segundo a opinião dos consumidores (GARCÍA-SEGOVIA et al., 2007). Além

disso, também são observadas as transformações nas propriedades físico-químicas e físicas do alimento (JORGE & LUNARDI, 2004).

A reação de Maillard é a principal rota pra propiciar flavor e coloração amarronzada de alimentos cozidos. A reação entre os aminoácidos e os açúcares redutores é o assunto de pesquisa de vários grupos científicos que querem identificar o desenvolvimento dessas características em alimentos aquecidos. É sabido que a acrilamida é formada pelas altas temperaturas de cocção, quando os níveis de umidade decrescem (BORDA & ALEXE, 2011). Associa-se a coloração das batatas fritas como resultado desta reação, que envolve o conteúdo superficial de açúcares redutores e a asparagina, em conjunto com as altas temperaturas durante a fritura (BUNGER, MOYANO & RIOSECO, 2003). Esta reação tem sido implicada na formação da acrilamida, que é um potencial neurotóxico. Algumas estratégias se mostram eficazes para redução do teor de acrilamida nos alimentos, como o branqueamento em água e também a utilização de cátions polivalentes reduzem a formação de acrilamida em alimentos processados termicamente, como snacks e produtos de panificação (ELDER et al., 2005).

A fritura por imersão é a relação entre calor e transferência de massa, e, a interação entre o alimento e o meio de cocção. Portanto a absorção de óleo compreende dois mecanismos: a absorção contínua (intercâmbio entre o óleo e a água evaporada), e o processo final de absorção (que ocorre após a conclusão da fritura, durante a fase de esfriamento) (DANA & SAGUY, 2001). A literatura estabelece faixas de variação do percentual de gordura absorvido pelo alimento que vai de 5 a 60%, que varia de acordo uma série de fatores como: a qualidade, a quantidade e o tipo de óleo de fritura utilizado, o processamento prévio do alimento, o tipo de corte, a presença de coberturas e sua composição físico-química (DOBARGANES et al., 2000; VENDRUSCOLO, 2002; JORGE & LUNARDI, 2005).

Durante o processamento industrial, as batatas são submetidas à etapa de branqueamento para remoção de açúcares redutores, gelatinização o amido e inativação de enzimas, para garantir um rápido e melhor preparo. Quando aquecido na presença de grande volume de água, o grânulo de amido sofre gelatinização, na qual as moléculas de amilose e amilopectina modificam sua conformação nativa, através da entrada de água, formando um gel. Com o resfriamento, há retrogradação, e uma nova estrutura semi-cristalina é formada. Esta sequência de eventos converte parte do amido que era susceptível a hidrolise em AR. Além das modificações internas, os amidos tratados hidrotermicamente apresentam menores grânulos, intumescimento, picos e viscosidade, porém maior retrogradação. (ROSIN, 2002; GONZÁLEZ-MARTINEZ et al., 2004; ARAÚJO et al., 2011; SUN et al., 2014).

A utilização de sais na etapa de branqueamento potencializa os efeitos descritos anteriormente. Segundo Rimac-Brncic et al. (2004) batatas palito branqueadas em 0,5% de Cloreto de Cálcio ( $\text{CaCl}_2$ ) evidenciaram a estabilização da estrutura do tecido frente ao óleo aquecido. Borne (1989), explica que este fato se deve a reação entre o íon divalente adicionado (cálcio) e a pectina da batata, criando uma estrutura mais rígida e diminuindo assim a absorção de óleo. Bunger, Moyano e Rioseco (2003), estudaram o uso de soluções de Cloreto de Sódio ( $\text{NaCl}$ ) a 3%, 5% e 7%, no pré-tratamento de batatas palito, e verificaram que a concentração de 3% de  $\text{NaCl}$  foi suficiente para reduzir a absorção de óleo, melhorar a textura e a qualidade sensorial do produto. Durante as etapas de processamento, além da redução da absorção de óleo, a utilização de soluções sais pode resultar em alterações nos atributos sensoriais (MOYANO, RIOSECO, GONZALEZ, 2002).

Outra etapa do processamento da batata pré-frita é o congelamento. Este é um método de conservação que utiliza temperaturas entre -10°C e -40°C, dependendo do alimento. Além de proporcionar a conservação e a praticidade ao produto, as baixas temperaturas exercem efeitos adicionais ao alimento. Rosin et al., (2002) verificaram que para uma série de alimentos que foram cozidos e armazenados (-20°C/ 30 dias) houve aumento no teor de AR, podendo ser explicado pela retrogradação do amido gelatinizado, que se intensifica de acordo com as condições de armazenamento. Menezes et al. (1998), encontraram que a formação de AR na batata aumentou quando armazenada a -20°C/ 24 horas. Segundo Goñi (1997), foi verificada uma redução na glicemia de ratos que consumiram batatas, de IG 141 (cozimento sem armazenamento), para IG 106 (cozimento e armazenamento a -20°C/30 dias), ressaltando a importância do tempo de congelamento na formação do AR e, por conseguinte no IG.

## 5. MATERIAIS E MÉTODOS

### 5.1 Amostras

A batata (*Solanum tuberosum* L.) da cultivar monalisa foi adquirida no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco (CEASA) da cidade do Recife.

### 5.2 Processamento das amostras

As batatas foram lavadas em água corrente, sanitizadas em solução clorada a 100 ppm/10 min. Após esta etapa foram descascadas com descascador de legumes manual, cortadas em dimensões de 10 x 10 mm x 90 mm (formato palito), e lavadas para retirada do excesso de amido da superfície. Em seguida, foram branqueadas em solução com sais, a 85°C por 5 minutos, conforme tratamento descrito por Bunger, Moyano e Rioseco (2003) e Rimac-Brncic et al., (2004), adaptado a este estudo (Tabela 2).

**Tabela 2** – Descrição dos branqueamentos empregados às batatas palito

| Amostra | Branqueamento                       | Concentração do sal |
|---------|-------------------------------------|---------------------|
| P/B0    | Água destilada                      | -                   |
| B1      | Solução de NaCl                     | 3%                  |
| B2      | Solução de CaCl <sub>2</sub>        | 3%                  |
| B3      | Solução de CaCl <sub>2</sub> + NaCl | 3% cada             |

Após o branqueamento, foram resfriadas em banho de gelo à 5°C durante 2 minutos, escorridas, e enxutas em papel toalha. As batatas palito branqueadas foram de pré-fritas em óleo de soja à 180°C durante 1,5 minutos, em panela de alumínio, na proporção de 1 de amostra: 6 de óleo (EMBRAPA, 2002), com temperatura monitorada por termômetro de infravermelho.

As batatas foram dispostas em recipientes forrados com 4 folhas de papel toalha, e enxutas levemente com duas folhas, para reduzir a gordura superficial, e enquanto isso

resfriadas a temperatura ambiente, dispostas em bandejas de polipropileno hermeticamente fechadas, e então congeladas em freezer a -18°C, durante 24 horas e 30 dias.

Após os tempos de congelamento foram submetidas à fritura por imersão em óleo de soja à 180°C durante 4 minutos, na proporção 1:6 de amostra e óleo, enxutas em papel toalha e submetidas às análises descritas a seguir.

### **5.3 Análises Microbiológicas**

As amostras de batata frita foram analisadas para atestar a viabilidade da análise sensorial, segundo a RDC nº12, de 2 de Janeiro de 2001 (ANVISA), que estabelece parâmetros para: Coliformes a 45°C/g (AOAC 966.24), Estafilococos coagulase positiva/g (AOAC 975.55) e *Salmonella* sp/25g (AOAC 967.26).

### **5.4 Análise Sensorial**

Foram recrutados 30 provadores, e destes, 23 foram selecionados pelos melhores resultados do pré-teste Threshold de gostos básicos. Para a análise sensorial, foi executado o teste de comparação múltipla (NBR13256/1995), que atribui notas, utilizando a amostra padrão como referência (P – branqueamento em água destilada), para os atributos de cor, sabor, textura e oleosidade. Após este teste, os provadores ordenaram as amostras de acordo com a preferência global, pelo teste de ordenação (ISO 8587:2006) (Apêndice A) (DUTCOSKY, 2011). Todos autorizaram a participação no teste e divulgação dos dados do estudo através da assinatura do termo de consentimento (Apêndice B).

### **5.5 Textura**

Na avaliação instrumental da textura as amostras de batata frita foram submetidas ao texturômetro CT3 (Brookfield, Middleboro, MA, USA), com célula de carga de 25Kg, com ponta de prova cilíndrica em aço inoxidável, medindo 2 mm de diâmetro e 20 mm de comprimento (TA 39) e base retangular (TA-BT-KIT). Foi realizado o teste de compressão,

com profundidade de penetração de 4,0 mm, velocidade de 1,5 mm/s, em cinco ciclos, pela metodologia de Pardo et al., (2000). As medições foram realizadas imediatamente após a fritura e os resultados expressos em gramas (g).

## 5.6 Lipídeos

O teor de lipídeos foi determinado pelo método de Sohxlet (AOAC 963.15-31.4.02), com prévia secagem da amostra em estufa a 105° até peso constante, para facilitar a extração, devido o seu teor de água.

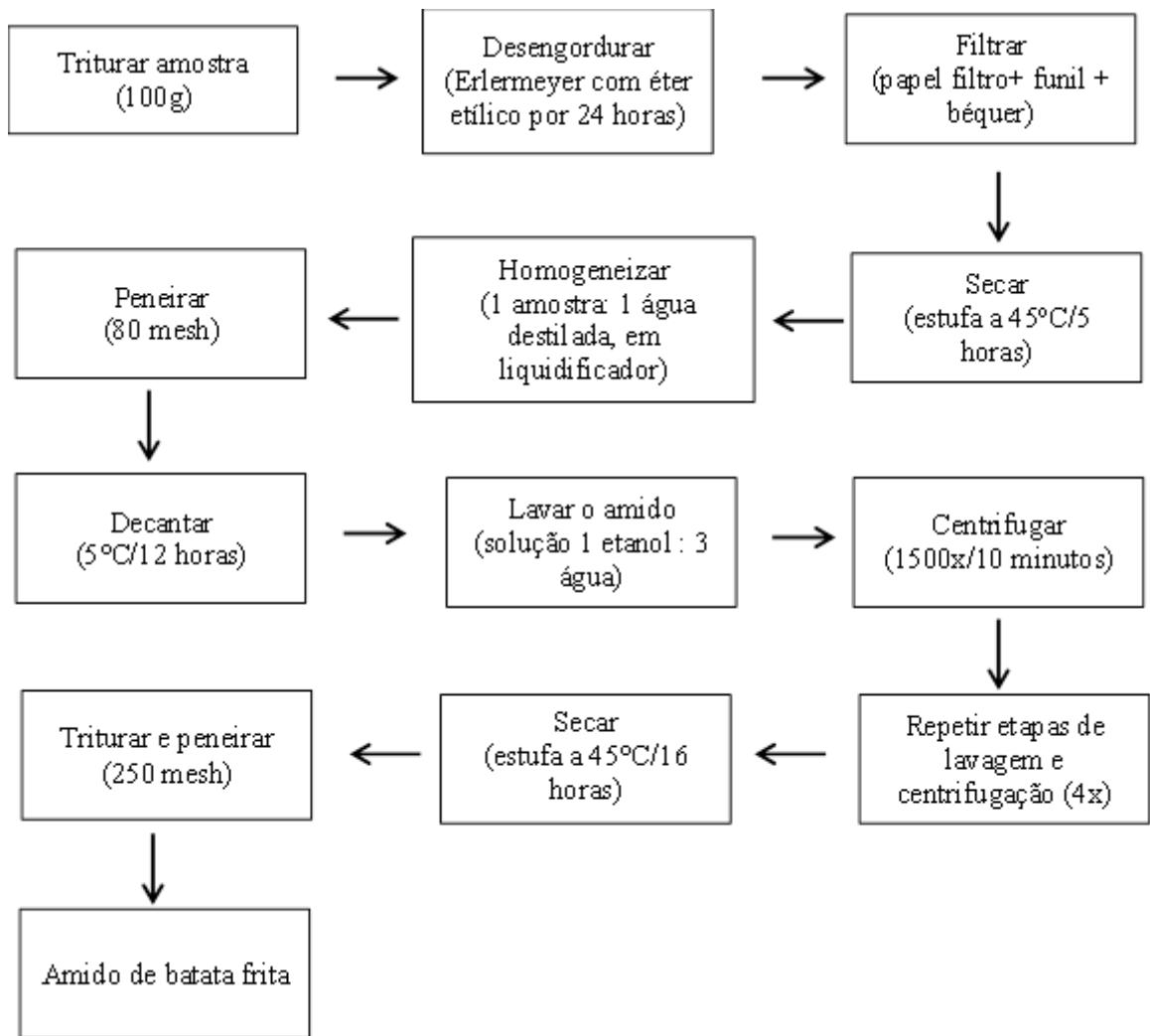
## 5.7 Colorimetria

Nas batatas fritas foi determinada a cor utilizando um espectrofotômetro de reflectância (CR-400, Konica Minolta Sensing, Japão) com sistema CIE Lab que consiste em três componentes de cores: (L\*) luminosidade, que varia de 0 (preto) a 100 (branco), (a\*), que varia de verde (negativo) a vermelha (positivo) e (b\*), que varia de azul (negativo) a amarela (positivo) (CIE, 2004). O ajuste do equipamento foi realizado previamente as aferições, de acordo com as instruções do fabricante, e as aferições foram realizadas nas duas extremidades e no meio ao longo do comprimento da batata, em duplicata e ângulo observador de 10° foi o utilizado e com o iluminante D65.

## 5.8 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

### • Isolamento do amido de batata frita

A execução das análises de difração de Raio-X e microscopia eletrônica de varredura foi precedida pelo isolamento dos grânulos de amido das amostras de batata processada. Utilizou-se a metodologia de Rocha, Demiate e Franco (2008), com adaptações para este produto.



**Figura 4** – Fluxograma de extração do amido de batata frita

O amido isolado (Figura 4) foi fixado com fita adesiva dupla face de carbono na superfície dos stubs e metalizado com filme de ouro em câmara pressurizada à vácuo. Foi utilizado microscópio eletrônico de varredura FEI Quanta 200F com FEG (canhão de emissão de campo), à 20 kV, no modo alto vácuo. As imagens foram registradas sob magnificações de até 1.200x.

## 5.9 Difração de raio-X

O amido isolado foi analisado utilizando o difratômetro Bruker, D8 – Advance, com radiação CUK $\alpha$  a 40 KV 40mA, com velocidade de varredura de 1,0 segundos, sob ângulo de

20, variando 4 a 30°. Os difratogramas obtidos foram comparados ao padrão de amido de batata do JCPDS- International Centre of Diffraction Data, e juntamente com os percentuais de área amorfa e área cristalina foram analisados com o auxílio do *software* DIFRAC.EVA, V3.0, Bruker.

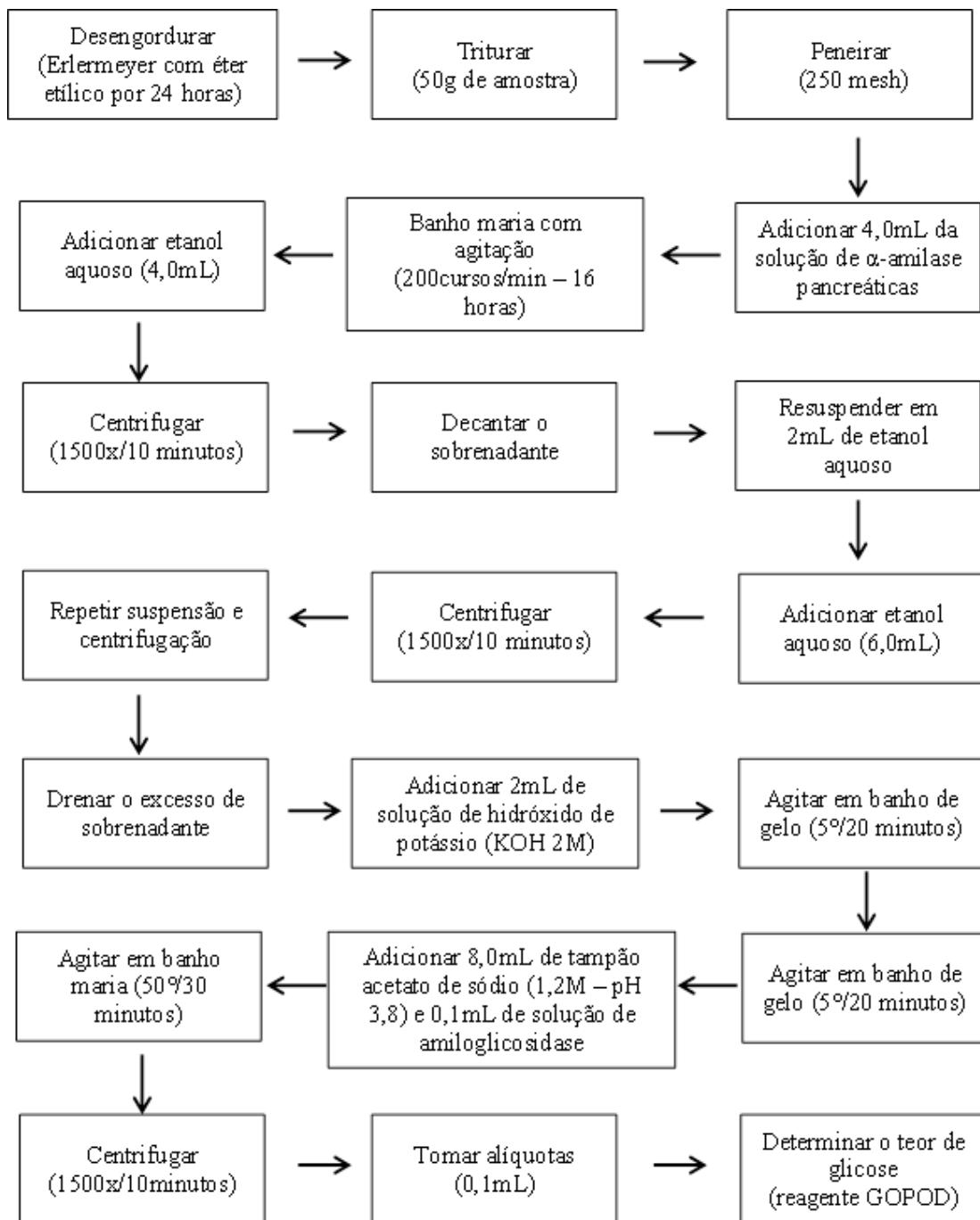
### **5.10 Fibra alimentar**

Os teores de fibra alimentar foram determinados pelo método enzimático gravimétrico (AOAC 991.43), com prévio desengorduramento da amostra e digestão. A amostra foi tratada com álcool antes da filtração, lavada com álcool e acetona, seca e pesada.

### **5.11 Amido resistente**

Foi determinado pelo método (AOAC 2002.02), modificado pela inclusão do desengorduramento da amostra. Neste método o AR é solubilizado e hidrolisado à glicose pela ação combinada da  $\alpha$ -amilase pancreática, Sigma A-3176, e amiloglicosidase (AMG) Sigma A-7255, a 37°C/16horas. A reação é rescindida pela adição de etanol e o AR é recuperado através da centrifugação por decantação (Figura 5). O decantado vai ser dissolvido em KOH 2M por agitação vigorosa em banho gelado. Esta solução vai ser neutralizada pelo tampão acetato e o amido quantitativamente hidrolisado à glicose pela AMG.

A glicose é mensurada pelo método glicose oxidase - peroxidase reagente (GOPOD), para quantificar o AR. O amido não resistente (solubilizado) é determinado pela reunião dos sobrenadantes originais e das lavagens, mensurando o conteúdo de glicose pelo reagente GOPOD (Figura 6).



**Figura 6 – Fluxograma de determinação de glicose para quantificação do amido resistente**

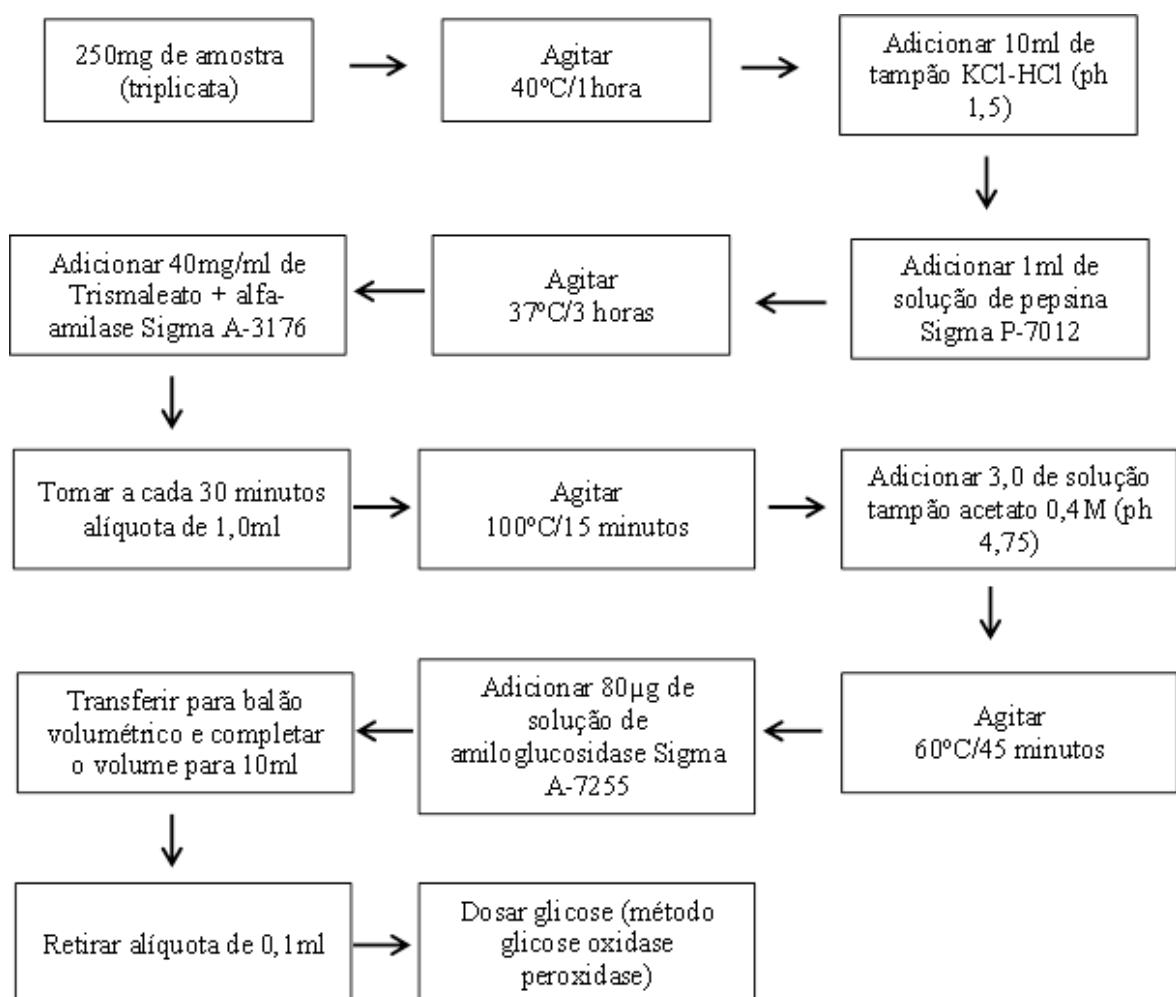
- **Cálculo do amido resistente**

$$\begin{aligned}
 AR \text{ (g/100g)} &= \frac{\Delta A \times F}{W \times 9,27} \\
 &= \frac{\Delta A \times F}{W \times 9,27}
 \end{aligned}$$

Onde:  $\Delta A$  = leitura da absorbância média contra o reagente branco;  $F$  = fator de conversão da absorbância para microgramas;  $W$  = peso da porção analisada; 9,27 = constante da equação.

## 5.12 Índice glicêmico

Esta determinação foi de acordo com a metodologia proposta por Goñi (1997), utilizando o kit de determinação de glicose, Glicose PAP Liquiform da Labtest (Figura 7).



**Figura 7** – Fluxograma de determinação da glicose de batatas processadas fritas

A concentração de glicose foi medida enzimaticamente pelo método oxidase-peroxidase (reagente GOPOD) e o cálculo da glicose procedeu de acordo com a formula:

$$\text{Glicose (mg/dL)} = \frac{\text{Absorbância do teste} \times 100}{\text{Absorbância do teste branco}}$$

Absorbância do padrão

No cálculo do IG foi determinada a área da curva de hidrólise da glicose de acordo com o programa de análise dos gráficos (Find Graph, 2002), relacionando a curva de referência com a do alimento estudado, e aplicando os resultados na fórmula:

$$\text{IG} = \frac{\text{Área do alimento teste} \times 100}{\text{Área do alimento de referência}}$$

### 5.13 Carga Glicêmica

O valor foi obtido através do cálculo, de acordo com a equação nº (SALMERON et al., 1997)

$$\text{CG} = \frac{\text{Porção de carboidrato disponível} \times \text{IG}}{100}$$

### 5.14 Análise estatística

Para o teste de comparação múltipla foi utilizado o teste estatístico de Dunnett, e para o teste de ordenação foi aplicado o teste estatístico de Newell & MacFarlane. Em todas as análises foi utilizado o teste de variância (ANOVA), conduzidos a nível de 5% de significância, utilizando o *software* Statistic for windows 6.0 (Statsoft, 2004).

## 6. RESULTADOS

- ARTIGO

**Título: Influência do tratamento térmico sobre as características sensoriais, físicas e digestibilidade de batatas (*Solanum tuberosum* L.) fritas**

Revista: Journal of Food Science

## **ARTIGO 1 - Influência do tratamento térmico sobre as características sensoriais, físicas e digestibilidade de batatas (*Solanum tuberosum* L.) fritas**

**VASCONCELOS, N.C.M.; SALGADO, S.M.; LIVERA, A.V.S.; ALVACHIAN, S.A.; SANTOS, L.S; OLIVEIRA, M.G.; STAMFORD, T.L.M.;**

### **Resumo**

A elevada ingestão de batata frita industrializada evidencia o interesse de aperfeiçoamento do seu processamento, tendo em vista seus atributos sensoriais de qualidade e o impacto à saúde do consumidor. O objetivo deste estudo foi analisar influência dos tratamentos térmicos sob as características sensoriais, instrumentais e físico-químicas da batata frita da cultivar monalisa. As batatas foram branqueadas em água destilada (P); em solução de cloreto de sódio (B1); cloreto de cálcio (B2), e a junção dos dois sais (B3), pré-fritas e congeladas durante 24 horas e 30 dias. Após fritura, procederam-se as análises de caracterização sensorial (cor, textura, sabor, oleosidade), preferência global e determinações instrumentais de textura e cor e o teor de lipídeos. O melhor resultado da análise sensorial, juntamente com o P, foi escolhido para dar continuidade aos testes, onde foi determinada a microestrutura do grânulo, as frações de carboidrato, índice e carga glicêmica. Os resultados obtidos demonstraram que o branqueamento com solução de cloreto de sódio resultou em melhor qualidade sensorial para os atributos cor, textura, sabor e maior preferência global. O branqueamento com cloreto de sódio e de cálcio apesar de reduzir a absorção de óleo e proporcionar menor oleosidade, obteve menor preferência global. O congelamento por 30 dias aumentou a luminosidade das batatas fritas, exceto para o uso do cloreto de sódio, que intensificou a cor amarela. Os branqueamentos não alteraram o tipo de cristal do grânulo de amido, porém maior o tempo de congelamento aumentou a cristalinidade, reduziu o teor de amido resistente, reduziu o índice glicêmico e concentrou o teor de fibra alimentar. Todas as batatas processadas apresentaram baixos índices glicêmicos e moderadas cargas glicêmicas.

**Palavras-chave:** branqueamento, cloreto de sódio, cloreto de cálcio, textura, índice glicêmico, congelamento.

## 1. Introdução

Os carboidratos são a mais importante fonte energética da dieta humana, podendo ser encontrados em abundância nos tubérculos, como a batata (*Solanum tuberosum* L.), fonte de amido bastante consumida mundialmente (Pereira, Luz e Moura, 2005). Seus grânulos são formados por moléculas de amilose e amilopectina, que estão organizadas internamente garantindo propriedades como semi-cristalinidade do tipo B, conferindo uma maior resistência à digestão enzimática (Lee et al., 2011).

Dentre as preparações elaboradas com este tubérculo, a batata frita é uma das mais apreciadas pela população devido às características sensoriais agradáveis que adquire durante o processamento com calor seco. Este alimento possui elevado índice glicêmico (IG), que pode atingir 107, relacionado aos altos percentuais de amido presente (65-85% do peso seco) e a biodisponibilidade do mesmo, que pode variar de acordo com a cultivar do vegetal e com o processamento empregado (Foster-Powel, Holt e Brand-Miller, 2002; FAO/WHO, 2002; Goñi, 2002; Surgis, 2011). Além disso existem benefícios atrelados ao consumo deste alimento, evidências de que quando preparada adequadamente é veículo de ácidos graxos essenciais e reduz a formação de ácidos graxos *trans*, além de absorver pouca gordura do meio de fritura (Sanibal e Mancini Filho, 2004).

O melhoramento dos processamentos existentes na indústria de alimentos é crescente, como o branqueamento, que além das funções já conhecidas, tem demonstrado ser capaz de modificar as propriedades reológicas do amido. Operações como o branqueamento e o congelamento, são capazes de modificar o arranjo estrutural interno da amilose e amilopectina através da cocção em água, que promove a gelatinização, e, a posterior retrogradação durante o resfriamento e congelamento, ampliando os benefícios da ingestão deste tipo de carboidrato e a redução do impacto negativo na alimentação e para saúde do consumidor.

A utilização de sais durante a etapa de branqueamento é um artifício que modifica as características sensoriais (Pedreschi, 2009), melhorando a cor, aumentando a crocância externa e maciez interna, acrescentando sabor e reduzindo o teor de óleo, em conjunto com as possíveis alterações na estrutura do grânulo de amido, devido a interação dos sais, como sódio e cálcio, com os componentes internos, refletindo no aproveitamento do mesmo. O congelamento, além de ser utilizado para aumentar o prazo de conservação dos alimentos, poderá alterar a biodisponibilidade dos carboidratos, pois relatos científicos evidenciam que este favorece a formação da fração de amido indigerível, o amido resistente (AR), que é

associado a benefícios para na flora intestinal e provável relação com a redução da resposta glicêmica (Bunger, Moiano e Rioseco, 2003; Rimac-Brnic et al., 2004; Pedreschi et al., 2007).

Considerando o elevado consumo deste alimento e a preconização da OMS (2002) que diz que devemos dar preferência a alimentos de baixo a moderado índice glicêmico visando o benefício da manutenção da saúde, o branqueamento adicionado de sais e associado ao congelamento se configura como uma alternativa tecnológica para modificar a biodisponibilidade do amido, e assim corroborar com a construção dos conhecimentos e possibilitar a inclusão batata frita processada nesta tendência alimentar. Diante do exposto, foram estudadas as condições de processamento das batatas, a fim de evidenciar sua influência nos parâmetros físicos, atributos sensoriais e na digestibilidade deste alimento.

## 2. Material e métodos

### 2.1 Aquisição da matéria prima e preparo de amostras

Batatas (*Solanum tuberosum L.*) da cultivar monalisa foram adquiridas no Centro de Abastecimento e Logística de Pernambuco (CEASA), da cidade do Recife. Foram limpas em água corrente e sanitizadas em solução clorada a 100 ppm por 15 minutos. Após esta etapa foram descascadas, cortadas nas dimensões de 10 x 10 mm x 90 mm (formato palito) e lavadas em água corrente para retirar o excesso de amido da superfície. Em seguida branqueadas em solução de sais, a 85°C por 5 minutos, conforme descrito por Bunger, Moyano e Rioseco (2003) e Rimac-Brncic et al. (2004), adaptados para este estudo denominados: padrão (P), em água destilada; B1, em solução de NaCl a 3%; B2, solução de CaCl<sub>2</sub> a 3%; B3, solução de CaCl<sub>2</sub> 3% + NaCl a 3%.

Após o branqueamento, as amostras foram resfriadas em banho de gelo a 5°C por 2 minutos, escorridas, e enxutas com papel toalha. As batatas palito branqueadas foram pré-fritas em óleo de soja à 180°C por 1,5 minuto, em panela de alumínio, na proporção de 100g:600mL de amostra e óleo, com temperatura monitorada por termômetro infravermelho (Vendruscolo e Zorzella, 2002).

O excesso de gordura superficial foi removido com 4 folhas de papel toalha, e as batatas palito branqueadas e pré-fritas foram armazenadas em recipientes plásticos com tampa e congeladas em freezer, a -18°C, por 24 horas (24H) e 30 dias (30D). Após os tempos de congelamento foram submetidas à fritura por imersão em óleo de soja à 180°C durante 4 minutos, na mesma proporção e enxutas em papel toalha.

## 2.2 Análises microbiológicas

Foram realizados para atestar a viabilidade da analise, segundo a RDC nº12, de 2 de Janeiro de 2001, que estabelece parâmetros para: Coliformes a 45°C/g (AOAC 966.24), Estafilococos coagulase positiva/g (AOAC 975.55) e *Salmonella* sp/25g (AOAC 967.26).

## 2.2 Análise sensorial

Foram recrutados 30 voluntários, entre funcionários e alunos da UFPE, e a estes aplicado o pré-teste Threshold para reconhecimento dos sabores básicos e seleção dos candidatos. Destes, 23 provadores foram convidados a participar voluntariamente, autorizando a participação no estudo e a divulgação dos dados através da assinatura do termo de consentimento (nº 11324412.0.0000.5208). Foi executado o teste de comparação múltipla (ABNT, 1995) para os atributos cor, sabor, textura e oleosidade, comparando-os com a batata branqueada em água destilada (P). Por últimos, os voluntários ordenaram as amostras de acordo com a preferência global, no teste de ordenação por preferência (ISO 8587:2006).

## 2.3 Análise instrumental da cor

Utilizou-se o método CIElab ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ) com o colorímetro (CR-400, Konica Minolta Sensing, Japão) com iluminante D65, com medições nas extremidades e no centro da batata palito frita [12].

## 2.4 Análise instrumental de textura

As batatas palito fritas foram submetidas ao teste de penetração em texturômetro CT3 (Brookfield, Middleboro, MA, USA), com célula de carga de 25Kg, ponta de prova cilíndrica em aço inoxidável com 2 mm de diâmetro e 20 mm de comprimento (TA39) sob base retangular (TA-BT-KIT). A profundidade profundidade de penetração foi de 4,0 mm, velocidade do teste de 1,5 mm/s (em cinco ciclos), em cinco pontos da batata de acordo com metodologia proposta por Pardo (2000). As aferições foram realizadas imediatamente após a fritura, em triplicata e a carga expressa gramas (gf).

## 2.5 Lipídeos

Determinado pela extração a quente, através do método de Sohxlet (AOAC 963.15), utilizando-se como solvente o éter etílico.

## 2.6 Escolha do tratamento

Após a realização da análise sensorial, foi escolhido o tratamento que apresentou os resultados mais satisfatórios para os atributos do teste de comparação múltipla em conjunto com a maior preferência global, para o prosseguimento das análises. A amostra padrão, branqueada em água destilada (P) também foi analisada, como controle para verificar o efeito do sal utilizado.

## 2.7 Microscopia eletrônica de varredura (MEV)

O amido de batata frita isolado (Rocha, Demiate & Franco, 2008) foi fixado em fita de carbono adesiva dupla face na superfície dos *stubs* e metalizado com filme de ouro em câmara à vácuo. Foi utilizado microscópio eletrônico de varredura FEI Quanta 200F com FEG (canhão de emissão de campo), sob potencial de aceleração de 20 KV, no modo alto vácuo, e registradas imagens com magnificações de até 1.200x.

## 2.8 Difração de raio-X

O amido isolado foi analisado no difratômetro Bruker, D8 – Advance, com radiação CUK $\alpha$  a 40 KV 40mA, velocidade de varredura de 1,0 segundos, sob ângulo de 2 $\theta$ , variando 4 a 30°. Os difratogramas obtidos foram comparados ao padrão de amido de batata do JCPDS- International Centre for Diffraction Data (ICDD). Também foram determinados os percentuais de cristalinidade e de amorfismo das amostras e analisados com auxílio do software DIFFRAC.EVA, V3.0, Bruker.

## 2.9 Frações de carboidratos, índice e carga glicêmica

O amido resistente (AR) foi quantificado pelo método enzimático gravimétrico (AOAC 2002.02). O teor de fibra alimentar (FA) foi determinado pelo método enzimático gravimétrico (AOAC 991.43).

A digestibilidade *in vitro* das amostras foi mensurada pela realização do índice glicêmico (IG), pela metodologia proposta por Goñi (2002), utilizando o kit de determinação de glicose, Glicose Peroxidase Oxidase Kit (GOPOD). Também foi determinada a carga glicêmica (CG) (Salmeron et al., 1997).

## 2.10 Análises estatísticas

Para os testes sensoriais de comparação múltipla e ordenação por preferência foi aplicado o método estatístico de Dunnett e o de Newell & MacFarlane, respectivamente. O tratamento dos dados foi realizado utilizando a análise de variância, em conjunto com o teste de Duncan para comparação das médias, todos estes conduzidos ao nível de 5% de significância, utilizando o *software* Statistica for windows 6.0 (Statasoft, Pacific Pty, Ltd, Victoria, Australia).

## 3. Resultados e discussão

As análises microbiológicas das amostras atestaram a viabilidade da execução da análise sensorial, visto que atenderam o padrão de exigência proposto pela RDC nº12 (BRASIL, 2001).

As mudanças na textura dos alimentos durante a fritura são resultantes de diversas alterações químicas, físicas e estruturais, e em produtos com alto teor de amido, como a batata, ocorrem devido à gelatinização durante o aquecimento (Andersson et al., 1994). Dos branqueamentos aplicados, o B1 congelado por 30 dias obteve melhor resultado sensorial com relação ao atributo textura (Tabela 1). Os branqueamentos B2 e B3 para ambos os tempos de congelamento apresentaram qualidade de textura inferior ao padrão e menor preferência (Tabela 1).

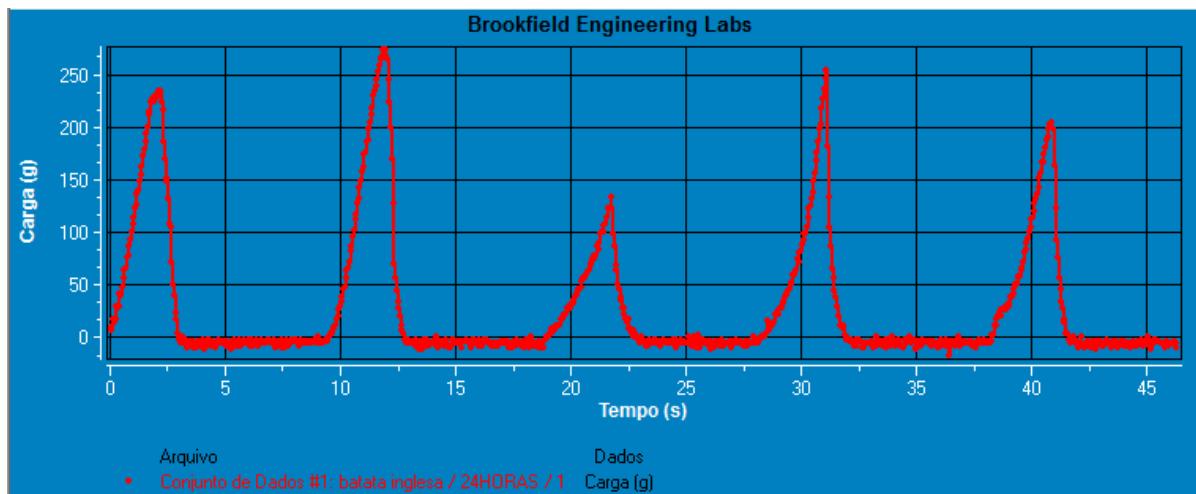
**Tabela 1** – Avaliação sensorial de batatas fritas submetidas aos tratamentos térmicos.

| <b>Análise Sensorial</b>                  |              |    |       |       |                   |  |
|---|--------------|----|-------|-------|-------------------|--|
| <b>Teste de comparação múltipla</b>       |              |    |       |       |                   |  |
| <b>Atributos</b>                          | Congelamento | P  | B1    | B2    | B3                |  |
| <b>Textura</b>                            | 24 horas     | 5a | 5,61a | 2,74b | 3,91b             |  |
|   | 30 dias      | 5a | 6,26b | 3,65b | 3,96b             |  |
| <b>Cor</b>                                | 24 horas     | 5a | 5,87b | 3,91b | 4,13b             |  |
|   | 30 dias      | 5a | 5,96b | 3,91b | 4,74 <sup>a</sup> |  |
| <b>Sabor</b>                              | 24 horas     | 5a | 6,13b | 2,91b | 3,74b             |  |
|   | 30 dias      | 5a | 6,0b  | 4,09b | 4,22b             |  |
| <b>Oleosidade</b>                         | 24 horas     | 5a | 4,87a | 5,3a  | 5,87b             |  |
|   | 30 dias      | 5a | 5,78b | 5,09a | 5,48a             |  |
| <b>Teste de ordenação por preferência</b> |              |    |       |       |                   |  |
| <b>Congelamento</b>                       | B1           |    | B2    |       | B3                |  |
| <b>24 horas</b>                           | 34b          |    | 58a   |       | 46ab              |  |
|   |              |    |       |       |                   |  |
| <b>30 dias</b>                            | 27b          |    | 59a   |       | 51a               |  |

Branqueamentos: P (água destilada); B1 (solução de NaCl – 3%); B2 (solução de CaCl<sub>2</sub> – 3%) e B3 (solução de NaCl – 3% + solução de CaCl<sub>2</sub> – 3%). Tempos de congelação: 24H (24 horas) e 30D (30 dias). No teste de comparação múltipla letras diferentes ao padrão, para cada tratamento, diferem significativamente (estatisticamente) ao nível de 5% de significância pelo teste de Dunnett, e para o teste de ordenação por preferência ao nível de 5% de significância pelo teste de Newell e Mc Farlane.

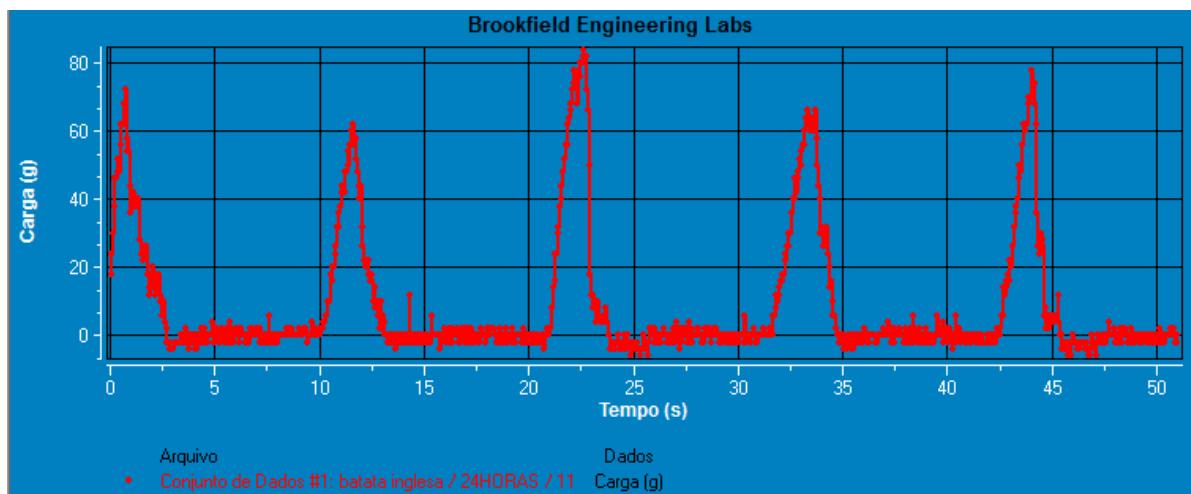
A preferência global demonstrou que independente do tempo de congelamento, o branqueamento B1 foi, no geral, o mais preferido pelos provadores, atingindo o menor somatório de notas (61) para classificação. Sendo assim o tratamento B1 congelado por 30 dias foi o mais preferido e diferiu significativamente dos demais (Tabela 1).

Com relação à textura instrumental, observou-se que a maior média de força aplicada no teste de penetração (220gf) foi para tratamento B3 congelado por 24 horas (Figura 1). No entanto os dados sensoriais a consideram como “*pior que o padrão*”, evidenciando que quanto maior a força empregada para romper a superfície da batata, maior é a rigidez do tecido e menor é a crocância da batata frita. Este resultado pode ser atribuído à ação do cálcio que interage com a pectina da batata, formando o pectato de cálcio, promovendo a adesão das células, estabilizando a firmeza do alimento (Batista e Borges, 2013; Casas-Forrero e Caez-Ramirez, 2011; Lima e Siqueira, 2008).



**Figura 1** – Avaliação da textura instrumental de batatas fritas submetidas ao branqueamento B3 (solução de NaCl – 3% + solução de CaCl<sub>2</sub> – 3%) e congelada por 24 horas.

Ainda com relação à textura instrumental, a menor média de força aplicada (81gf) foi observada na batata frita submetida ao branqueamento B1 e congelada por 24 horas (Figura 2). Este resultado corrobora com a Figura 2 que demonstrou que a textura desta amostra foi considerada como “*ligeiramente melhor que o padrão*”.



**Figura 2** - Avaliação da textura instrumental de batatas fritas submetidas ao branqueamento B1 (solução de NaCl – 3%) e congelada por 24 horas.

A avaliação sensorial do atributo cor destaca o tratamento B1 como “*ligeiramente melhor que o padrão*”, independente do tempo de congelamento (Tabela 1). A coloração pode ser alterada pelo tipo de branqueamento utilizado, Pedreschi et al., (2008) observou que o uso de solução de NaCl a 3% reduz o escurecimento não enzimático, pela lixiviação dos açúcares redutores e redução do teor de acrilamida. Segundo observações dos participantes da análise sensorial, houve variação da coloração das batatas fritas, no qual o uso do NaCl determinou cores mais douradas, enquanto as amostras padrão ficaram mais amarronzadas, e as com CaCl<sub>2</sub> mais pálidas, porém uniformes.

A Tabela 2 apresenta os valores de luminosidade (L\*) e dos cromáticos (a\* e b\*), onde podemos observar que o congelamento por 30 dias proporcionou o aumento da luminosidade às batatas processadas, quando comparadas ao congelamento por 24 horas, exceto para a amostra branqueada com NaCl (B1), que não diferiu significativamente. Esta amostra foi considerada sensorialmente “*ligeiramente melhor que o padrão*”, apresentando redução significativa da coloração esverdeada (a\*), de -6,2 para -1,79, resultando numa amostra mais amarela (b\*), de 25,45 a 30,37. Estas mudanças de cor não foram verificadas nos outros branqueamentos e tempos de congelamento (Tabela 2). A maior luminosidade das amostras pode ser atribuída ao efeito do branqueamento (P) e ao maior potencial do íon cálcio (B2 e B3) (Tabela 2) em reduzir o escurecimento não enzimático pela sua interação com a asparagina, suprimindo a reação de Maillard em estágio inicial (Gokmen e Senuyva, 2007; Kolek, Simko e Simon, 2006; Pedreschi, Granby e Risum, 2009; Pedreschi, Marioti e Granby, 2014)..

Segundo Coleman (2004), após a fritura as batatas são classificadas com relação à qualidade, de acordo com os valores do parâmetro  $L^*$  em: inaceitável ( $L^*<55$ ), aceitável ( $L^*\geq 55$  e  $\leq 70$ ) e de alta qualidade ( $L^*>70$ ). Todas as batatas processadas neste estudo são classificadas como de “alta qualidade”, de acordo com esta classificação.

**Tabela 2** – Cor instrumental de batatas processadas

| Amostra                   | $L^*$              | $a^*$              | $b^*$              |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Congelamento por 24 horas |                    |                    |                    |
| P                         | $74,91 \pm 3,38$ B | $-4,52 \pm 1,20$ A | $25,31 \pm 3,95$ A |
| B1                        | $73,57 \pm 2,79$ A | $-6,2 \pm 0,87$ A  | $25,45 \pm 3,50$ B |
| B2                        | $77,58 \pm 1,74$ B | $-5,50 \pm 0,57$ A | $24,94 \pm 2,09$ A |
| B3                        | $77,47 \pm 3,97$ B | $-4,78 \pm 0,82$ A | $23,66 \pm 1,68$ A |
| Congelamento por 30 dias  |                    |                    |                    |
| P                         | $81,54 \pm 5,26$ A | $-4,19 \pm 0,96$ A | $25,34 \pm 4,49$ A |
| B1                        | $76,53 \pm 3,46$ A | $-1,79 \pm 1,17$ B | $30,37 \pm 3,27$ A |
| B2                        | $84,84 \pm 3,02$ A | $-5,65 \pm 0,57$ A | $21,21 \pm 3,70$ A |
| B3                        | $86,60 \pm 2,80$ A | $-6,0 \pm 0,60$ A  | $23,06 \pm 1,95$ A |

Branqueamentos: P (água destilada); B1 (solução de NaCl – 3%); B2 (solução de CaCl<sub>2</sub> – 3%) e B3 (solução de NaCl – 3% + solução de CaCl<sub>2</sub> – 3%). <sup>ABC</sup> Letras iguais na vertical nos diferentes tempos de congelação e mesma amostra não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste “t” de Student.

O branqueamento que contribuiu para melhor sabor foi o B1, independente do tempo de congelação (Figura 1C). Justifica-se este resultado pelo fato do sódio estar relacionado aos hábitos alimentares da população. Quanto ao atributo sabor os branqueamentos que incluem o CaCl<sub>2</sub> (B2 e B3) obtiveram menor preferência, pois deixaram um resíduo amargo relatado pelo painel sensorial (Tabela 1). O potencial do CaCl<sub>2</sub> em proporcionar sabor amargo aos alimentos também foi encontrado por Luna-Guzmán & Barrett (2000) ao utilizar o mesmo sal em melão minimamente processado.

Para o atributo oleosidade, apenas as batatas com branqueamento B1 congeladas por 30 dias e B3 congeladas por 24 horas foram classificadas como “*ligeiramente melhor que o padrão*” (Tabela 1). A literatura refere que a adição de  $\text{CaCl}_2$  reduz a absorção de óleo, melhorando a qualidade sensorial deste atributo (Pedreschi et al., 2007). Por outro lado este sal interfere negativamente nos atributos textura e sabor, conforme evidenciado nos resultados anteriores (Figura 1A, Tabela 1 e Figura 1D).

**Tabela 3** – Teor de lipídeos (g/100g) de batatas processadas

|           | Branqueamento | Congelamento por 24 horas | Congelamento por 30 dias |
|-----------|---------------|---------------------------|--------------------------|
| <b>P</b>  |               | $10,63 \pm 0,20\text{b}$  | $8,24 \pm 0,15\text{b}$  |
| <b>B1</b> |               | $13,74 \pm 0,19\text{a}$  | $8,92 \pm 0,10\text{a}$  |
| <b>B2</b> |               | $8,53 \pm 0,23\text{c}$   | $9,22 \pm 0,34\text{a}$  |
| <b>B3</b> |               | $7,60 \pm 0,21\text{d}$   | $7,88 \pm 0,20\text{b}$  |

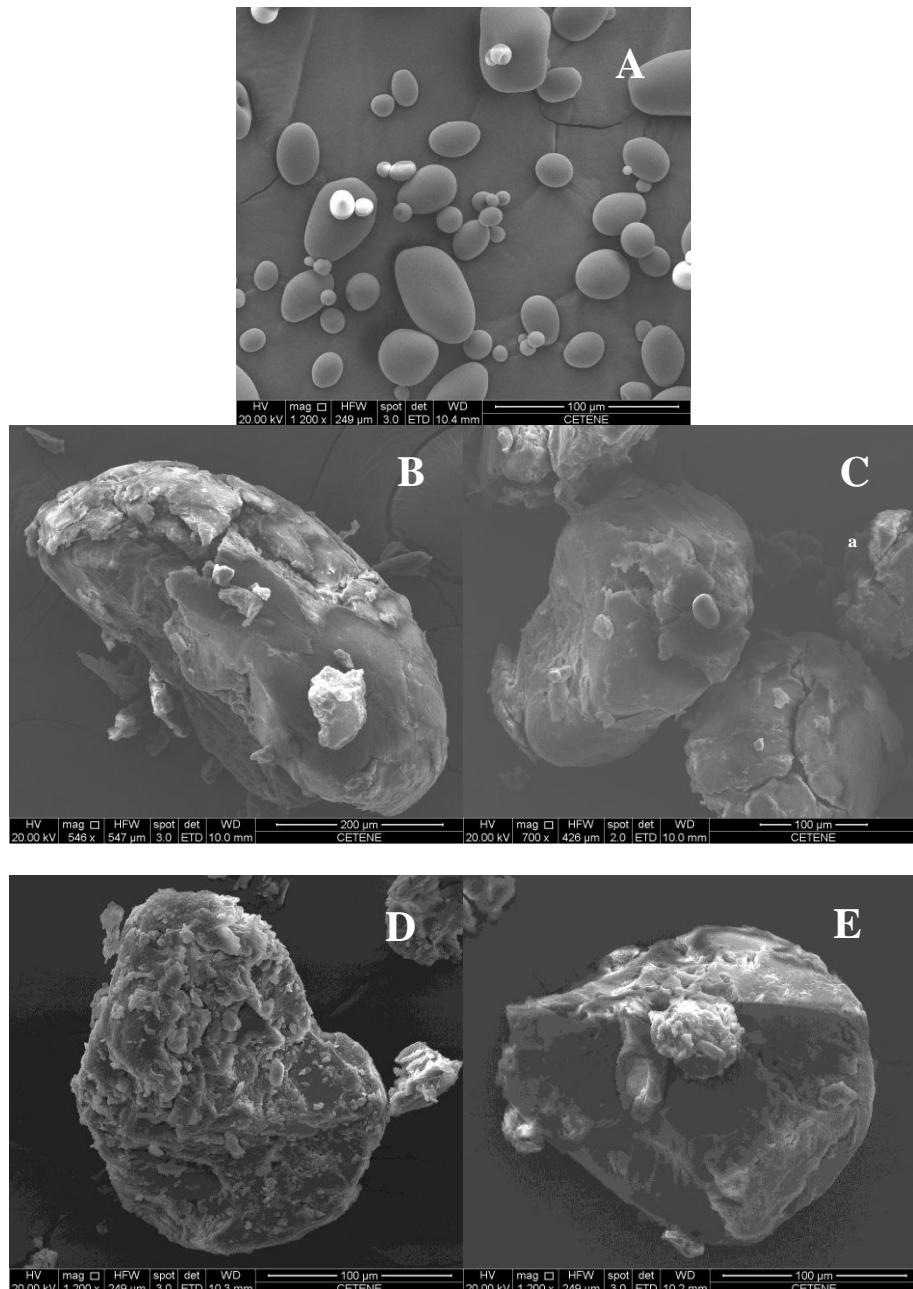
Branqueamentos P (água destilada); B1 (solução da  $\text{NaCl}$  a 3%); B2 (solução de  $\text{CaCl}_2$  a 3%) e B3 (solução da  $\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$  - 3%). Médias seguidas de letras iguais na vertical não diferem significativamente ao nível de 5% de significância pelo teste de Duncan.

O teor residual de óleo é um fator importante na qualidade nutricional das batatas fritas, e na tabela 3 verifica-se que o branqueamento B3 congelado por 24 horas resultou em menores teores lipídicos. Esta redução de absorção de gordura é causada pela gelatinização do amido na superfície da batata (Califano e Calvelo, 1987), que e em conjunto com a ação combinada dos sais presentes na solução de branqueamento é potencializado pela capacidade de estabilizar os tecidos vegetais frente ao óleo aquecido (Rimac-Brncic et al., 2004). A tabela brasileira de composição de alimentos (NEPA, 2011) indica que a batata inglesa frita possui 13,1g de lipídeos, valor próximo foi encontrado no presente estudo para o tratamento  $\text{NaCl}$  (B1) congelado por 24 horas onde houve a maior absorção de lipídeos.

Uma vez que a amostra B1 obteve os resultados mais expressivos na análise sensorial, para os atributos cor, textura e sabor no teste de comparação múltipla, sendo também a mais preferida no teste de ordenação por preferência, foi o tratamento escolhido serão estudados os aspectos microestruturais e glicêmicos, juntamente com a amostra P.

O amido nativo de batata é caracterizado por grânulos de formatos circulares e ovalados, com tamanhos que podem variar entre 15 a 45 $\mu\text{m}$  (McPherson e Jane, 1999; Leonel, 2007) (Figura 3A). Por meio da MEV (Figura 3) os aspectos microestruturais do grânulo de amido demonstraram o intumescimento e a perda do formato original, que segundo Lee et al., (2011) ocorre quando os grânulos sofrem tratamentos hidrotérmicos. O tamanho dos grânulos variou de acordo com o branqueamento e tempo de congelamento em: 555 $\mu\text{m}$  (Figura 4B), 294 $\mu\text{m}$  (Figura 4C), 203,5 $\mu\text{m}$  (Figura 4D) e 202,5 $\mu\text{m}$  (Figura 4E), observando que após 30 dias de congelamento, ambos reduziram de tamanho, provavelmente devido ao rearranjo das moléculas de amilose e amilopectina que causam a contração do grânulo e a sinérese. Pesquisas demonstram que o uso de NaCl apresenta efeito inibitório sobre a gelatinização do grânulo de amido (Bello-Perez & Paredes-Lopez, 1995), este efeito foi visualizado neste estudo ao compararmos os tamanhos dos grânulos das amostras B0 e B1 congeladas por 24 horas (Figura 3B e 3C).

Quanto ao formato e superfície dos grânulos, observa-se a presença de fissuras, mossas, grânulos menores de amido agregados e fragmentos destes na superfície dos grânulos, devido à gelatinização, utilização de altas temperaturas e ao rompimento causado pela abundância de moléculas de água presentes nos branqueamentos Lee et al., (2012) Aguilera et al., (2001) observaram que modificações estruturais dos grânulos de amido de batata gelatinizados ocorrem a partir dos 72°C causando deformação dos mesmos, porém sem o rompimento da estrutura celular.

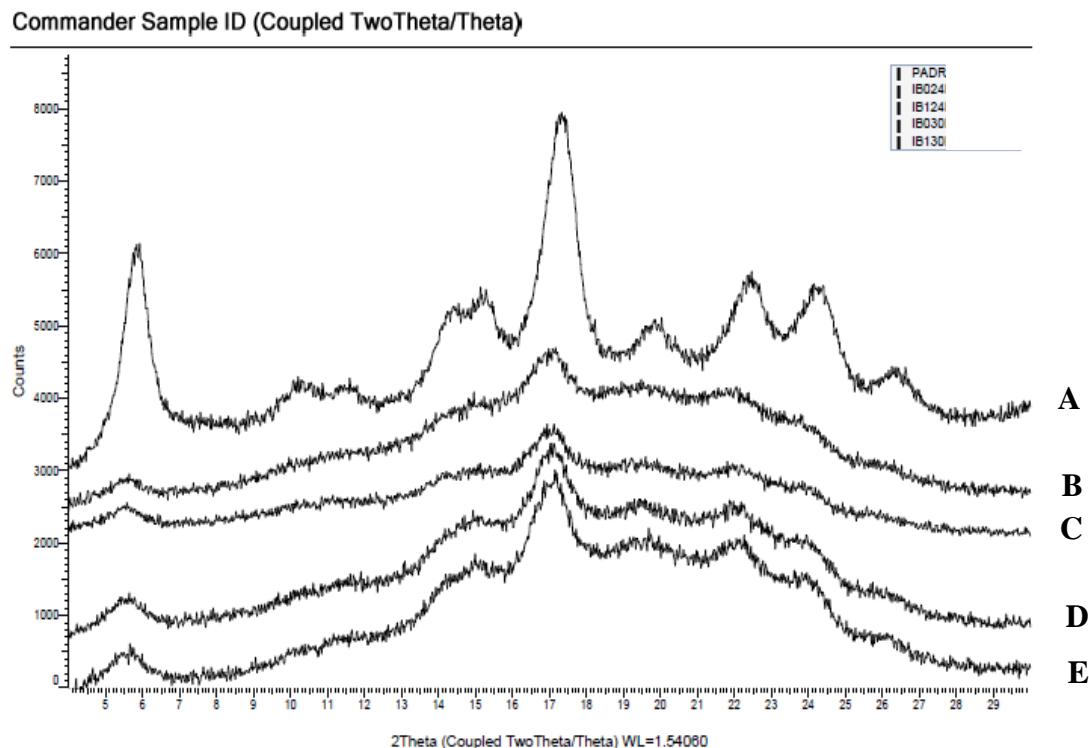


**Figura 3** - Microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos amidos nativo de batata (A), processadas: branqueamento P congelado por 24 horas (B), branqueamento B1 congelado por 24 horas (C), branqueamento P congelado por 30 dias (D), branqueamento B1 congelado por 30 dias (E).

A diferença entre os tipos de cristalinidade dos grânulos de amido está no empacotamento das cadeias de amilose e amilopectina, e, no teor de água da amostra que é alterado com a reorientação do cristal, devido ao branqueamento (Gunaratne e Hoover, 2002).

Os picos do difratograma são utilizados para identificar a forma cristalina do alimento em estudo (Singh, Dartoir e Kaur, 2006). Observa-se que os grânulos de amido de batata nativo (Figura 2A) apresentam padrão de cristalinidade tipo B caracterizada pela intensidade de picos em 6,3; 17; 19,3; e entre 22 e 24° no ângulo de 2θ (McPherson e Jane, 1999), e

menor susceptibilidade ao ataque enzimático (Jane et al., 1997). Os difratogramas das amostras de amido isolado da batata (Figura 4 B, C, D e E) demonstraram pequenas alterações decorrentes da aplicação do branqueamento e congelação utilizados neste trabalho.



**Figura 4** - Difração de raio-X dos amidos de batata processada: (A) amido nativo de batata; (B) branqueamento P congelado por 24 horas; (C) branqueamento B1 congelado por 24 horas; (D) branqueamento P congelado por 30 dias; (E) branqueamento B1 congelado por 30 dias.

Nas Figuras 4B e 4C observa-se que o congelamento por 24 horas apresentou os menores picos, porém aos 30 dias a definição dos picos aumentou para ambos os branqueamentos (Figura 4D e 4E), contudo sem modificar o padrão de cristalinidade do grânulo. Este resultado deve-se a retrogradação das cadeias de amilopectina, que ocorre de forma mais lenta, pois envolve a associação de suas ramificações, que são capazes de reduzir o percentual de área amorfa (Morrison, 1993). Para o branqueamento B1 congelado por 30 dias (Figura 4E), o maior tempo de armazenamento congelado favoreceu a recristalização dos grânulos com mais intensidade, visto que os percentuais de cristalinidade e amorfismo foram semelhantes ao do amido nativo de batata (Tabela 4), demonstrando aumento de 25,83% na área cristalina e redução de 23,12% na área amorfa.

Ao longo do armazenamento o branqueamento em água destilada (B0) apresentou pequeno aumento da área cristalina (6,27%) e discreta diminuição da área amorfa (5,39%),

provavelmente devido ao efeito do aquecimento do grânulo em excesso de água, com consequente rompimento da estrutura cristalina pela ligação de moléculas de água as hidroxilas das amiloses e amilopectinas, resultando em maior solubilidade do amido (Craig et al., 1989). Lee, Shin, Kim, Choi & Moon, (2011) relataram que quanto maior o teor de umidade, menor o percentual de área cristalina, tendo em vista que esta é alterada pelo tratamento hidrotérmico. Os amidos de batata têm alto poder de intumescimento e solubilidade com relação a outras fontes botânicas, devido à presença de fosfato e fosfolipídeos que determinam capacidade de retenção de água e estabilidade ao congelamento, diminuindo a velocidade da retrogradação (Craig et al., 1989; Lin e Czuchajowska, 1998).

**Tabela 4** - Percentual de área cristalina e amorfa (%) dos grânulos de amido de batata nativo e processados.

| Amostra      | Área cristalina | Área amorfa |
|--------------|-----------------|-------------|
| Amido nativo | 53,5            | 46,5        |
| P 24H        | 46,2            | 53,8        |
| B1 24H       | 39,9            | 60,1        |
| P 30D        | 49,1            | 50,9        |
| B1 30D       | 53,8            | 46,2        |

Amostras: B0 24H branqueamento em água destilada congelado por 24 horas; B1 24H branqueamento em solução de NaCl - 3%; B030 branqueamento em água destilada congelado por 30 dias, e B130D branqueamento em solução de NaCl - 3% congelado por 30 dias.

As frações de carboidratos, o índice glicêmico e a carga glicêmica de batatas processadas estão apresentados na Tabela 5. Embora a literatura relate que o armazenamento congelado dos alimentos fonte de amido propicia a formação de amido resistente (Rosin, Lajolo e Menezes, 2002) o teor deste constituinte decresceu nas batatas processadas (de 3,76g a 2,31g) conforme o aumento do tempo de congelamento (Tabela 5). O resultado encontrado possivelmente teve interferência do baixo teor de amilose presente na batata (20 a 37%), pois quanto maior percentual de amilose maior a formação de amido resistente (Escarpa et al., 1996; Muller et al., 2009). Sugere-se também que por se tratar de um alimento frito houveram interações entre o amido e os lipídeos, formando complexos que resultaram na menor disponibilidade da amilose para formar as frações indigeríveis (Szczodrak e Pomeranz, 1992). Outros autores relatam que no amido resistente existem ligações intermoleculares de força variável, modificando os teores nos alimentos segundo as condições de temperatura, umidade, ciclos de aquecimento/resfriamento, presença de lipídeos, tamanho das cadeias de amilose e

amilopectina, temperatura/tempo de armazenamento (Szczodrak e Pomeranz, 1992; Sievert e Pomeranz, 1989).

Os valores de fibra alimentar apresentados na Tabela 5 encontram-se dentro do intervalo das variações descritas na literatura (Mendez et al., 1995; Lajolo e Menezes, 2006; NEPA, 2011). A utilização do método enzimático gravimétrico (AOAC 991.43) para quantificar fibra alimentar determina parte do amido resistente, portanto o aumento de fibra durante o congelamento, possivelmente, se deve a pequenas frações de amido resistente dosadas pelo enzimático gravimétrico.

Dentre os tratamentos estudados, o branqueamento B0 congelado por 24 horas apresentou a maior resposta glicêmica, associada ao maior teor de amido resistente (3,76g) e menor teor de fibra alimentar (3,50g) (Tabela 5). Helbig et al., (2008) observaram que os diferentes teores de amido resistente em amostras de arroz processado não resultaram na redução da resposta glicêmica. Caruso e Menezes (2000) demonstraram a elevada resposta glicêmica em *cornflakes* com elevados teores de amido resistente e amido rapidamente digerível, demonstrando assim que ainda não existe um consenso com relação a influência do elevado teor de amido resistente e a redução da resposta glicêmica.

**Tabela 5.** Frações de carboidratos (g/100g), índice glicêmico e carga glicêmica de batatas processadas.

| Amostra     | Amido resistente<br>(AR) | Fibra alimentar<br>(FA) | Índice<br>glicêmico<br>(IG) | Carga<br>glicêmica<br>(CG) |
|-------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| P 24 horas  | 3,76±0,05 <sup>a</sup>   | 3,50±0,03d              | 55,43±0,05a                 | 10,40±0,04c                |
| B1 24 horas | 2,85±0,02b               | 5,08±0,02b              | 53,86±0,80b                 | 13,94±0,04a                |
| P 30 dias   | 2,69±0,05c               | 4,90±0,03c              | 52,12±0,12c                 | 12,00±0,03b                |
| B1 30 dias  | 2,31±0,02d               | 6,03±0,03a              | 50,42±0,12c                 | 10,30±0,07c                |

Branqueamentos: P (água destilada) e B1 (solução de NaCl - 3%).

Letras iguais na vertical não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Duncan.

Todas as amostras estudadas foram classificadas com baixo índice glicêmico (Tabela 5), pois segundo Lajolo e Menezes (2006) [1] o índice glicêmico dos alimentos é classificado como: baixo ( $\leq 55$ ); moderado (56 -79) e alto ( $\geq 70$ ). A literatura reporta para batata frita valores de IG que variam entre 70 a 107 [9, 10, 11], no entanto nesta pesquisa foram

encontrados valores inferiores (Tabela 5), ressaltando a influência e a importância do processamento aplicado sobre a biodisponibilidade do amido da batata.

A carga glicêmica é outro preditor da resposta glicêmica, calculado levando em consideração a porção de carboidrato disponível, e em conjunto com o índice glicêmico possibilita a melhor compreensão da biodisponibilidade do amido. Para tanto os alimentos são classificados em: baixa CG ( $\leq 10$ ), constituídos por carboidratos lentamente digeridos, moderada CG (entre 11 e 19), e elevada CG ( $\geq 20$ ) cujos carboidratos presentes são rapidamente digeridos (Brand-Miller et al., 2002; Sugiris, 2011). As batatas processadas neste estudo apresentaram moderadas cargas glicêmicas (Tabela 5), efeito atribuído a boa disponibilidade dos carboidratos à digestão, porém estes dados contrapõem-se com os valores relatados pela literatura, que estimam elevadas cargas glicêmicas para este alimento (Foster-Powell, Holt e Brand-Miller, 2002).

#### **4. Conclusões**

As batatas branqueadas em solução de cloreto de sódio apresentaram melhor qualidade sensorial para os atributos cor, textura, sabor e maior preferência global. A união do cloreto de sódio e do cloreto de cálcio na solução de branqueamento apesar de proporcionar a menor absorção de óleo, menor oleosidade, obteve textura mais rígida e menor preferência global.

O tempo de congelamento de 30 dias proporcionou maior luminosidade às batatas processadas, exceto para o branqueamento com cloreto de sódio, que intensificou a cor amarela.

Os branqueamentos com NaCl não alteraram o tipo de cristal do grânulo de amido, contudo maior o tempo de congelamento aumentou o percentual de área cristalina, reduziu o teor de amido resistente, assim como reduziu o índice glicêmico e concentrou o teor de fibra alimentar, logo todas as batatas processadas apresentaram baixos índices glicêmicos e moderadas cargas glicêmicas.

## Referências

- Aguilera, JM, Cadoche, L, Lopez, C, Gutierrez G. Microstructural changes of potato cells and starch granules heated in oil. *Food Res Int.* 2001; 7: 1-9.
- Andersson A, Gekas V, Lind I, Oliveira F, Oste R. Effect of preheating on potato texture. *Crit Rev Food Sci.* 1994; 34: 229-251.
- Associação brasileira de normas técnicas. NBR 13526: Teste de comparação múltipla em análise sensorial dos alimentos e bebidas. Rio de Janeiro; 1995.
- Association of Official Analytical Chemists. Official methods of Analysis of AOAC. Gaithersburg: AOAC International, 18 ed. 2002.
- Batista AP, Borges CD. Métodos de conservação aplicados a melão minimamente processado. *Ciênc Rural.* 2013; 43(5): 915-923.
- Bello-Perez, LA, Paredes-Lopez, O. Starch and amylopectin: Effects of solutes in their calorimetric behavior. *Carbohydr Polym.* 1995; 38: 243-247.
- Brand-Miller, JC, Hayne, S, Petocz, P, Colagiuri, S. Low-glycemic index diets in the management of diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes care.* 2002; 26 (8): 2261-2267.
- Brasil. Ministério da saúde, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Resolução RDC nº 12 de 02 de janeiro de 2001. Regulamento Técnico Sobre Os Padrões Microbiológicos para Alimentos. Diário Oficial. Brasília, DF.
- Bunger A, Moyano P, Rioseco V. Nacl soaking treatment for improving the quality of french-fried potatoes. *Food Res Int.* 2003, 36, 161-166.
- Califano AN, Calvelo A. Adjustment of surface concentration of reducing sugars before frying of potato strips. *J Food Process Pres.* 1987; 12: 1-9.
- Caruso, L, Menezes, EW. Índice glicêmico dos alimentos. *Nutrire.* 2000; 19 (20), 49 – 63.
- Casas-Forero N, Caez-Ramirez G. Cambios morfometricos y de calidad por aplicación de tres Fuentes de calico bajo tratamiento térmico suave en melon (*Cucumis melo L.*) Fresco precortado. *Rev Mex Ing Quim.* 2011; 10 (3): 431-444.
- Coleman WK. Comparative performance of the L\* a\* b\* color space and North American color charts for determining chipping quality in tubers of potato (*Solanum tuberosum L.*). *Can J Plant Sci.* 2004; 84: 291-298.
- Craig, SAS, Maningat, CC, Seib, PA, Roseney, RC. Starch paste clarity. *Cereal Chem.* 1989; 66: 173-182.
- Dutcosky SD. Análise sensorial de alimentos. 3 ed. Curitiba: Champagnat, 2011.

Escarpa, A, González, MC, Mañas, E, Garcia-Diz, L, Saura-Calixto, F. Resistant starch formation: standardization of a high-pressure autoclave process. *J Agric Food Chem.* 1996; 44, 924 – 928.

Food and Agriculture Organization; World Health Organization. Carbohydrates in human nutrition: report of a joint FAO/WHO expert consultation. *Food and Nutrition Paper*, Rome: FAO, 2002.

FOSTER-POWELL, K.; HOLT, S.H.A.; BRAND-MILLER, J.C. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *American Journal of Clinical Nutrition*, v.76, p. 55-56, 2002.

Gokmen V, Senyuva HZ. Acrylamide formation is prevented by divalent cations during the Maillard reaction. *Food Chem.* 2007; 103: 196-203.

Goñi I, Bello-Pérez LA, Lajolo FM. In vitro colonic fermentation and glycemic response of different kinds of unripe banana flour. *Plants foods for human nutrition*, 1997, 65(4); 379-85.

GOÑI I.; GARCIA ALONSO A.; SAURA-CALIXTO F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. *Nutrition Research*, v. 17, n. 3, p.427-437, 2002.

Gunaratne, A, Hoover, R. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of tuber and root starches. *Carbohydr Polym.* 2002; 49: 425-437.

Helbig, E, Dias, ARG, Tavares, RA, Schirmer, MA, Elias, MC. Arroso parboilizado: efeito na glicemia de ratos *Wistar*. *Arch Latinoam Nutr.* 2008; 58 (2): 149-155.

International Comission on Illumination. 3ed , Technical report: colorimetry. Austria; 2004.

ISO. International Standard: Sensory Analisys methodology ranking. ISO 8587:2006. 2<sup>a</sup> ed, Switzerland, 2006.

Jane, JL, Wong, KS, McPherson, AE. Branch –structure difference in starches of A- and B-type X-ray patterns revealed by their Naegelidextrins. *Carbohydr Res.* 1997; 300: 219-227.

Kolek E, Simko P, Simon P. Inhibition of acrylamide formation in asparagine/D-glucose model system by nacl addition. *Eur Food Res Technol.* 2006; 224: 283–284.

Lajolo, FM, Menezes, EW. Carbohydratos en alimentos regionales iberoamericanos. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

Lee, CJ, Kim, Y, Choi, SJ, Moon, TW. Slowly digestible starch heat-moisture treated waxy potato starch: Preparation, structural, and glucose response in mice. *Food Chem.* 2012; 133: 1222 – 1229.

Lee, CJ, Shin, SI, Kim, Y, Choi, SJ, Moon, TW. Structural characteristics and glucose response in mice of potato starch modified by hydrothermal treatments. *Carbohydr Polym.* 2011; 83: 1879-1886.

Lee, CJ, Shin, SI, Kim, Y, Choi, SJ, Moon, TW. Structural characteristics and glucose response in mice of potato starch modified by hydrothermal treatments. *Carboh Poly.* 2011; 83: 1879-1886.

Leonel, M. Análise da forma e tamanho de grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. *Ciênc Tecnol Alim.* 2007; 27 (3): 579-588.

Lima GB, Siqueira MID. Avaliação da adição de cloreto de cálcio e do tempo de hidratação no aspecto visual de ervilha em conserva. *Estudos.* 2008 mar- abr; 35(2): 269-280.

Lin, P, Czuchajowska, Z. Role of phosphorus in viscosity, gelatinization, and retrogradation of starch. *Cereal Chem.* 1998; 75 (5): 705-709.

Luna-guzmán I, Barret DM. Comparison of calcium chloride and calcium lactate effectiveness in maintaining shelf stability and quality of fresh cut cantaloupes. *Postharvest Biol Tec.* 2000; 19 (1): 61-72.

Mcpherson, AE, Jane, J. Comparison of waxy potato with other root and tuber staches. *Carboh Poly.* 1999; 40: 57-70.

Mendez, M. H. M., Derivi, S. C. N., Rodrigues, M. C. R. & Fernandes, M. L. Tabela de composição de alimentos: amiláceos, cereais e derivados, frutas, hortaliças, leguminosas, nozes, e oleaginosas. Niterói: Editora da Universidade Federal Fluminense (Capítulo: Tabela de composição dos alimentos), 1995.

Morrison, W. R. Et al. Swelling and gelatinization of cereal starch. IV: some effects of lipid-complexed amylose and free amylose in waxy and normal barley starches. *Cereal Chem.* 1993; 70: 385-391.

Müller, DR, Bisognin, DA, Andriolo, JL, Morin Junior, GR, Gnocato, FS. Expressão dos caracteres e seleção de clones de batata nas condições de cultivo de primavera e outono. *Ciênc Rural.* 2009; 39 (5): 1327-1334.

Núcleo de estudos e pesquisas em alimentação (NEPA). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO). 4. Ed. Rev. E ampl. Campinas: UNICAMP, 2011.

Pardo JE, Alvarruiz A, Perez JI, Gomez R, Varón T. Physical-chemical and sensory quality evaluation of potato varieties (*solanum tuberosum* L.). *Journal of Food Quality.* 2000; 23: 149-160.

Pedreschi F. Advances in potato chemistry and technology. Burlington: Academic Press, p.319, chapter 11, 2009.

Pedreschi F, Granby K, Risum J. Acrylamide mitigation in potato chips by using nacl. *Food Bioprocess Tech.* 2009; 3: 917-921.

Pedreschi F, Kaack K, Granby K, Troncoso E. Acrylamide reduction under different pre-treatments in French fries. *J Food Process Eng.* 2007; 79: 1287-1294.

Pedreschi F, Mariotti MS, Granby K. Current issues in dietary acrylamide: formation, mitigation and risk assessment. *J Sci Food Agr.* 2014; 94: 9-20.

PEREIRA, E.M.S.; LUZ, J.N.Q.; MOURA, C.C. A batata e seus benefícios nutricionais. 1<sup>a</sup> edição. São Paulo: EDUFU, 2005.

Rimac-Brncic S, Lelas V, Rade D, Simundic B. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. *J Food Eng.* 2004; 64: 237-241.

Rocha, TS, Demiate, IM, Franco, CML. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioquinha-salsa (*Arracaciaxanthorrhiza*). *Ciênc Tecnol Alim.* 2008; 28 (3): 620-628.

Rosin, PM, Lajolo, MF, Menezes, EW. Measurement and characterization of dietary starches. *J Food Composition and Analysis*, v. 15, p. 367-377, 2002.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Perfil de ácidos graxos trans de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. Campinas, v.24, n.1, p. 27-31, 2004.

Sidney University Glycemic index Research Service (SUGIRS). Glycemic index, 2011. URL: <http://www.glycemicindex.com/foodsearch.php> [ultimo acesso em Fevereiro de 2014].

Sievert, D, Pomeranz, Y. Enzyme resistant starch. I. Characterization and evaluation by enzymatic, thermoanalytical, and microscopic methods. *Cereal Chem.* 1989; 66: 342 – 347.

Singh, J., Dartois, A., Kaur, L. Starch digestibility in a food matrix: a review (2006). *Trends in Food Science & technology*. 2006; 21 (4): 168 -180.

Szczodrak, J., Pomeranz, Y. (1992). Starch-lipid interactions and formation of resistant starch in high-amylose barley. *Cereal Chem.* 1992; 69 (6): 626 -632.

Vendruscolo JLS, Zorzella CA. Processamento de batata (*Solanum tuberosum* L.): Fritura. Pelotas: Embrapa Clima Temperado; 2002.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados desta pesquisa enaltecem a importância do estudo das transformações as quais o amido de batata é submetido às tecnologias térmicas, tendo em vista as modificações bioquímicas e físicas em sua constituição, influenciando diretamente em suas propriedades nutricionais.

O branqueamento com cloreto de sódio favoreceu o desenvolvimento de características sensoriais de cor, sabor, textura mais aceitáveis que as demais, destacando este tratamento pela sua maior preferência global. O uso combinado dos sais de sódio e cálcio demonstrou impacto positivo sobre a redução da oleosidade (sensorial) e do teor lipídico (físico-química), porém apresentou menor preferência global, por possuir textura mais rígida e sabor residual amargo. Todos os tratamentos aplicados propiciaram maior luminosidade às batatas processadas, indicando melhor qualidade sensorial.

Com relação à microestrutura do amido, o processamento térmico aplicado não modificou o tipo de cristal do amido, embora tenha modificado os percentuais de área amorfa e cristalina, fato que interferiu no teor de amido digerível, e, por conseguinte na carga glicêmica. A carga glicêmica e o índice glicêmico de todas as amostras estudadas foram inferiores aos da literatura, e influenciados pelo teor de fibra alimentar, esta que aumentou ao longo do armazenamento.

De forma geral, estes resultados foram promissores e contribuem positivamente com informações acerca do comportamento do amido de batata frita frente ao branqueamento com sais e os diferentes tempos de congelamento. No entanto, vale ressaltar, que são necessários mais estudos para considerar a inserção deste alimento de forma mais segura, tendo em vista o seu efeito fisiológico em conjunto com os demais alimentos da dieta.

## REFERÊNCIAS

- AHN, J. B.; BAEK, H. R; KIM, K. M.; HAN, G. J.; CHOI, J. B.; KIM, Y.; MOON, T. W. Slowly digestible sweetpotato flour: preparation by heat moisture treatment and characterization of physicochemical properties. **Food science biotechonology**, v. 22, n. 2, p. 383-391, 2013.
- ALEXANDER, R.J. Potato starch: new prospects for an old product. **Cereal Food World**, v.40, p. 763-764, 1995.
- ANDREU, M.A; PINTO, C.A.B.P.; SIMON, G.A. Genetic markers for processing traits in potato. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 7, p. 67-73, 2007.
- ARAÚJO, W. M. C. et al. **Alquimia dos** alimentos. 3<sup>a</sup> ed., Brasília: Senac –DF, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13256: teste de comparação múltipla em análise sensorial*. Rio de Janeiro: ABNT, 1995.
- BERTOLINI, A.C. Avaliação de fécula e farelo de mandioca como substrato para produção de ciclodextrinas. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia dos alimentos), p. 142, 1995. Escola Superior de Agricultura “Luiz Queiroz”. Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.
- BILLIADERIS, C. G. The structure and interactions of starch with food constituents, **Canadian Journal of Physiology and Pharmacology**, v. 69, n.1, p. 60-78, 1991.
- BORDA, D.; ALEXE, P. Acrylamide levels in food. **Romanian Journal of Food Science**, v.1, n.1, p. 3-15, 2011.
- BORNE, M. C. Applications of chemical kinetic theory to rate of thermal softening of potato tissue. **ACS Symposium Series**, p.98-110, 1989.
- BRAND-MILLER, J., HAYNE, S., PETOCZ, P., & COLAGIURI S. Low-glycemic index diets in the management of diabetes: a meta-analysis of randomized controlled trials. **Diabetes care**, v.26, n.8, p. 2261-2267, 2002.

BRASIL. Ministério da Saúde/SNVS. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 10 de janeiro de 2001.

BUNGER, A.; MOYANO, P.; RIOSECO, V. NaCl soaking treatment for improving the quality of french-fried potatoes. **Food Research International**, n. 36, p. 161-166, 2003.

CARVALHO, G.Q.; ALFENAS, R.C.G. Índice glicêmico: uma abordagem crítica acerca de sua utilização na prevenção e no tratamento de fatores de risco cardiovasculares. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 21, v.5, p. 577-587, 2008.

CHAMP, M.; FAISANT, N. Resistant starch: analytical and physiological aspects. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.30, n.1, p. 37-43, 1996.

CIE – International Comission on Illumination. **Technical report: colorimetry**. Austria, 3ed, 2004.

DANA, D.; SAGUY, I. S. Review: Mechanism of oil uptake during deep-fat frying and the surfactant effect-theory and mith. **Advances in Colloid and Interface Science**, p. 267 -272, 2006.

\_\_\_\_\_. Frying of nutritious foods: obstacles and feasibility. **Food Science Technology Research**, v. 7, n. 4, p. 265-279, 2001.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. 3 ed. rev. e ampl, Curitiba: Champagnat, 2011.

ENGLYST, H.N.; KINGMAN, S.M.; CUMMINGS, J.H. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, n. 2, p. S33-S50, 1992.

FAO/WHO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION; WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Carbohydrates in human nutrition**. Report of a Toin FAO/WHO expert consultation, 66. Rome: WHO; 2002.

FELTRAN, J.C.; LEMOS, L.B.; ARTIOLI, G.M.; BUSATO, C.; CECON; B.R. Esverdeamento em cultivares de batata avaliado pela escala visual e índice spad. **Horticultura brasileira**, v.22, p. 681-685, 2004.

FOSTER-POWELL, K.; HOLT, S.H.A.; BRAND-MILLER, J.C. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.76, p. 55-56, 2002.

FREITAS, S.T.; BISOGNIN, D.A.; GOMEZ, A.C.S.; SAUTTER, C.K.; COSTA, L.C.; RAMPELOTTO, M.V. Qualidade para processamento de clones de batata cultivados durante a primavera e outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.36, n. 1, p.80-85, 2006.

FRENCH, D. organization of starch granules. In: WHISTLER, R.L.; BeMILLER, J.N.; PASCHAL, E.F. **Starch: chemistry and technology**. 2.ed.London: Academic Press, 1984. cap.7, p.183-247, 1984.

GALLANT, D.J.; BOUCHET, B.; BUELON, A.; PEREZ, S. Physical characteristics of starch granules and susceptible to enzymatic degradation. **European Journal of Clinical Nutrition**, v. 46, n.2, p. 3-16, 1992.

GOÑI I.; GARCIA ALONSO A.; SAURA-CALIXTO F. A starch hydrolysis procedure to estimate glycemic index. **Nutrition Research**, v. 17, n. 3, p.427-437, 2002.

GOÑI, I.; GARCÍA-DIZ, L.; MAÑAS, E.; SAURA-CALIXTO, F. Analysis of resistant starch: a method for foods and foods products. **Food Chemistry**, v.56, p.445-449, 1996.

GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, G.; AHRNÉ, L.; GEKAS, V.; SJÖHOLM, I. Analysis of temperature distribution in potato tissue during blanching and its effect on the absolute residual pectin methylesterase activity. **Journal of Food Engineering**, Amsterdam, v. 65, p. 433-441, 2004.

\_\_\_\_\_ Resistant Starch in potatoes deep-fried in olive oil. **Food Chemistry**, n.59, v. 2, p. 269-272, 1997.

HELBIG, E.; DIAS; A.R.G.; TAVARES, R.A.; SCHIRMER, M.A.; ELIAS, M.C. Arroz parboilizado efeito na glicemia de ratos *wistar*. **Alan revista**, v. 58, n. 2, 2008.

HIGGINS, J. A.; HIGBEE, D. R.; DONAHOO, W. T.; BRONW, I. L.; BELL, M. L.; BESSEN, D. H.; Resistant starch consumption promotes lipid oxidation. **Nutrition and Metabolism**, p. 1-11, 2004.

HU, P.; ZHAO, H.; DUAN, Z.; LINLIN, Z.; WU, D. Starch digestibility and the estimate glycemic score of different types of rice differing in amylose contents. **Journal of Cereal Science**, v. 4, p. 231-237, 2004.

JANE, J.; SHEN, J. Internal structure of the potato starch granule revealed by chemical gelatinization. **Carbohydrate Research**, v. 247, p. 279-290, 1993.

JANE, J.L., WONG, K.S., MCPHERSON, A.E. Branch –structure difference in starches of A- and B- type X-ray patterns revealed by their Naegelidextrins. **Carbohydrate Research**, v.300, p. 219-227, 1997.

JENKINS, D.J.A.; KENDALL, C.W.C.; AUGUSTIN, L.S.A; HAMIDI, M.; MARCHIE, A.; JENKINS A.L.; AXELSEN, M. Glycemic index: overview of implication in health and disease. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 76, n.1, p. 266S – 273S, 2002.

JORGE, N.; LUNARDI, V.M. Comportamento de óleos poliinsaturados em frituras descontínuas de batatas. **Revista Alimentos e Nutrição**, v. 15, n. 2, p.119-124, 2004.

KUAKPETOON, D.; WANG, J.Y. Structural characteristics and physicochemical properties of oxidized corn starches varying in amylose content. **Carbohydrate research**, n. 34, p. 1896-1915, 2006.

LAJOLO, F.M.; MENEZES, E.W. **Carbohidratos en alimentos regionales iberoamericanos**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2006.

LEE, C. J.; SHIN., S. I.; KIM, Y.; CHOI, H. J.; MOON, T. W. Structural characteristics and glucose response in mice of potato starch modified by hydrothermal treatments. **Carbohydrate Polymers**, v. 83, p. 1879-1886, 2011.

LEEMAN, A.M.; KARLSSON, M.E; ELIASSON, E.C.; BJORK, I.M.E. Resistant starch formation in temperature treated potato starches varying in amylose/amylpectin ratio. **Carbohydrate polymers**, v. 65, p. 306-313, 2006.

LEONEL, M. Análise da forma e tamanho dos grânulos de amidos de diferentes fontes botânicas. **Food Science and Technology**, v. 27, n.3, 2007.

LIU, Q. **Food carbohydrates: Chemistry, physical properties, and applications**. Nova York: Taylor & Francis Goup, cap. 8, p. 357–406, 2005.

LOBO, A.R.; SILVA, G.M.L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição de Campinas**, v.16, n. 2, p. 219-226, abr./jun., 2003.

MENDEZ, M. H. M.; DERIVI, S. C. N.; RODRIGUES, M. C. R.; FERNANDES, M. L. **Tabela de composição de alimentos: amiláceos, cereais e derivados, frutas, hortaliças, leguminosas, nozes, e oleaginosas**. Niterói: Editora da Universidade Federal Fluminense (Capítulo: Tabela de composição dos alimentos), 1995.

MENEZES, E.W.; LAJOLO, F.M. Formação de amido resistente em alimentos armazenados em baixas temperaturas. **Fibra dietética, temas em tecnologia dos alimentos**, México: v.2, p.191-198, 1998.

MOREIRA, A.P.B.; DELLA LUCIA, C.M.; MORAES, E.A.; ALFENAS, R.C.G. Efeito do processamento e armazenamento de alimentos ricos em amido sobre o índice glicêmico e resposta glicêmica. **Boletim CEPPA**, v. 29, n. 2, p. 281-292, 2011.

MOYANO, P.C., RÍOSECO, V. K. GONZÁLEZ. P.A. Kinetics of crust color changes during deep-fat frying of impregnated french fries. **Journal of Food Engineering**, v. 54, p. 249-255, 2002.

MUIR, J.G; O'DEA, K. Measurement of resistant starch: factors affecting the amount of starch escaping digestion in vitro. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.56, n. 1, p.123-127, 1992.

MULLER, D.R.; BISOGNIN, D.A.; ANDRIOLI, J.L.; MORIN JUNIOR, G.R.; GNOCATO, F.S. Expressão dos caracteres e seleção de clones de batata nas condições de cultivo de primavera e outono. **Ciência Rural**, v.39, p. 1327-1334, 2009.

NEPA - Núcleo de estudos e pesquisas em alimentação. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO)**. 4. ed. rev. e ampl. Campinas: UNICAMP, 2011.

PADUA, J.G. Produção de batata e mandioquinha-salsa visando o processamento industrial. **Revista raízes e amidos tropicais**, v.6, p. 147-161, 2010

PARDO, J.E.; ALVARRUIZ, A.; PEREZ, J.I.; GOMÉZ, R.; VARON, T. Physicalchemical and sensory quality evaluation of potato varieties (*Solanum tuberosum* L.). **Journal of Food Quality**, n. 23, p. 149-160, 2000.

PARKER, R.; RING, S.G. Aspects of the physical chemistry of starch. **Journal of Cereal Science**, v.34, p.1-17, 2001.

PEDRESCHI, F.; BUSTOS, O.; MERY, D.; MOYANO, P.; KAACK, K.; GRANBY, K. Color kinetics and acrylamide formation in NaCl soaked potato chips. **Journal of Food Engeneering**, v. 79, p. 989-997, 2007.

PEREIRA, E.M.S.; LUZ, J.N.Q.; MOURA, C.C. **A batata e seus benefícios nutricionais**. 1<sup>a</sup> edição. São Paulo: EDUFU, 2005.

RIMAC-BRNCIC, S., LELAS, V., RADE, D., SIMUNDIC, B. Decreasing of oil absorption in potato strips during deep fat frying. **Journal of Food Engineering**, n. 64, p. 237-241, 2004.

ROCHA, T. S.; DEMIATE, I. M.; FRANCO, C. M. L. Características estruturais e físico-químicas de amidos de mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza*). **Ciência e tecnologia dos alimentos**, Campinas, v. 28, n. 3, p. 620-628, jul.-set., 2008.

ROSIN, P.M; LAJOLO, M.F.; MENEZES, E.W. Measurement and characterization of dietary starches. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 15, p. 367-377, 2002.

SAGUY, I. S., DANA, D. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. **Journal of Food Engineering**, v. 56, p. 143 –152, 2003.

SAJILATA, M.G.; SINGHAL, R.S.; KULKARNI, P.R. Resistant starch – a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 5, n. 1, p. 1-17, 2006.

SALGADO, S.M.; MELO FILHO, A. B.; ANDRADE, S. A. C.; MACIEL, G. R.; LIVERA, A. V. S.; GUERRA, N. B. Modificação da concentração de amido resistente em feijão macassar (*Vigna unguiculata* L. WALP) por tratamento hidrotérmico e congelamento. **Revista de Ciência e tecnologia de Campinas**, Campinas, v. 25, n. 2, p. 259-264, abr.-jun., 2005.

SALMERON J, MANSON J, STAMPFER M, COLDITZ G, WING A, WILLETT W. Dietary fiber, glycemic load, and risk of non-insulin-dependent diabetes mellitus in women. **Journal of American Medical Association**. 277(6):472-7, 1997.

SANIBAL, E. A. A.; MANCINI FILHO, J. Perfil de ácidos graxos trans de óleo e gordura hidrogenada de soja no processo de fritura. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.24, n.1, p. 27-31, 2004.

SINGH, J., DARTOIS, A., KAUR, L. **Starch digestibility in a food matrix: a review**. Trends in Food Science & technology, v.21, n.4, p. 168 -180, 2006.

SINGH, J., N. SINGH. Studies on the morphological, thermal and rheological properties of starch separated from some Indian potato cultivars. **Food Chemistry**, v. 75, p. 67-77, 2001.

SMITH, A.M. The Biosynthesis of starch granules. **Biomacromolecules**, v. 2, p. 335–34, 2001.

SUGIRS - Sidney University Glycemic index Research Service. **Glycemic index**, 2011. URL: <http://www.glycemicindex.com/foodSearch.php> [ultimo acesso em Fevereiro de 2014].

SUN, Q.; HAN, Z.; WANG, L.; XIONG, L. Physicochemical differences between sorghum starch and sorghum flour modified by heat-moisture treatment. **Food Chemistry**, v.145, p. 756-764, 2014.

THOMPSON, D.B. Strategies for the manufacture of resistant starch. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, p. 245-253, 2000.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Tabela brasileira de composição de alimentos – TBCA**. Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Departamento de alimentos e nutrição experimental, 2008.

VENDRUSCOLO, J.L.S.; ZORZELLA, C.A. **Processamento de batata (*Solanum tuberosum* L.): Fritura**, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, 2002.

VERLINDEN, B. E.; YUKSEL, D., BAHERI, M.; DE BAERDEMAEKER, J.; VAN DIJK, C. Low temperature blanching effect on the changes in mechanical properties during

subsequent cooking of three potato cultivars. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v.35, p.331-340, 2000.

WANG, S.; YU, J.; YU, J. Confirmation and location of amorphous and semi-crystalline regions in C-type starch granules revealed by SEM, NMR, and XRD. **Food Chemistry**, v.110, p.39-46, 2008.

WOLEVER, M.S.T., JENKINS, D.J.A., JENKINS, A.L., JOSSE, R.G. Glycemic index: methodology and clinical implications. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 54, p.846-54, 1991.

## APÊNDICES

## APÊNDICE A – Ficha da análise sensorial

Nome: \_\_\_\_\_ Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

### Teste de comparação múltipla

Você está recebendo 1 amostra padrão (P) e 3 amostras codificadas. Compare cada amostra com o padrão utilizando a escala abaixo:

|                                    |                                      |                                      |
|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 1 - Extremamente pior que o padrão | 4 – Ligeiramente pior que o padrão   | 7 – Melhor que o padrão              |
| 2 – Muito pior que o padrão        | 5 – Nenhuma diferença do padrão      | 8 – Muito melhor que o padrão        |
| 3 – Pior que o padrão              | 6 – Ligeiramente melhor que o padrão | 9 – Extremamente melhor que o padrão |

Amostra \_\_\_\_\_

| Atributo   | Valor |
|------------|-------|
| Cor        |       |
| Textura    |       |
| Sabor      |       |
| Oleosidade |       |

Amostra \_\_\_\_\_

| Atributo   | Valor |
|------------|-------|
| Cor        |       |
| Textura    |       |
| Sabor      |       |
| Oleosidade |       |

Amostra \_\_\_\_\_

| Atributo | Valor |
|----------|-------|
| Cor      |       |

|                   |  |
|-------------------|--|
| <b>Textura</b>    |  |
| <b>Sabor</b>      |  |
| <b>Oleosidade</b> |  |

### Teste de ordenação

Agora, de acordo com a sua preferência global, ordene as amostras, da mais preferida à menos preferida:

+ preferida

- preferida

## APÊNDICE B – Termo de consentimento livre e esclarecido

**Universidade Federal de Pernambuco**  
**Termo de consentimento livre e esclarecido**

Convido o (a) Sr.(a) para participar, como voluntário (a), da pesquisa sobre a “influência do tratamento hidrotérmico sobre as características físicas, sensoriais e digestibilidade de batatas (*solanum tuberosum* 1.) fritas”, que está sob a responsabilidade da pesquisadora Natália Carvalho Montenegro de Vasconcelos (Rua Coronel João Ribeiro, 774 – Bairro Novo – Olinda – Pernambuco, 86241101, nataliavasconcelos07@gmail.com). Está sob a orientação da Prof. Dra. Tânia Lucia Montenegro Stamford e co-orientação da Prof. Dra. Silvana Magalhães Salgado.

Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar a fazer parte do estudo, rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa o (a) Sr.(a) não será penalizado (a) de forma alguma.

**Informações sobre a pesquisa:**

- Esta pesquisa consiste na utilização do branqueamento com sais, como etapa do processamento de batatas pré-fritas congeladas, com o objetivo de a interferência nos aspectos sensoriais e físicos e no comportamento do índice glicêmico. Através dos dados da análise sensorial, poderá ser encontrado o melhor tratamento a se empregar, com relação aos aspectos analisados.
- Os ricos desta etapa estão condicionados ao participante, se tiver alergia a algum dos componentes das amostras.
- Os participantes da pesquisa contribuem por auxiliarem na identificação do tratamento que melhor se empregará na batata palito frita, para obtenção de um produto final de maior qualidade. E o voluntário conhecerá qual o melhor método empregado no beneficiamento deste produto.
- O participante será submetido a participação da análise sensorial de batatas palito fritas, onde classificará os atributos das amostras relacionando-as ao padrão e por fim ordenará as amostras de acordo com a sua preferência.
- O sujeito participará da pesquisa durante a etapa da análise sensorial, sendo liberado em seguida. As suas informações são de caráter sigiloso e apenas os dados da pesquisa

serão manipulados pelo pesquisador. As fichas serão armazenadas pelo pesquisador em seu banco de dados (computador pessoal), durante um período maior do que cinco anos.

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: (Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – email: cepccs@ufpe.br).

---

(assinatura do pesquisador)

#### **CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO**

Eu, \_\_\_\_\_, RG/ CPF/\_\_\_\_\_, abaixo assinado, concordo em participar do estudo \_\_\_\_\_, como voluntário (a). Fui devidamente informado (a) e esclarecido(a) pelo(a) pesquisador (a) sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade ou interrupção de meu acompanhamento/ assistência/tratamento.

Local e data \_\_\_\_\_

Nome e Assinatura do participante ou responsável: \_\_\_\_\_

**Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e aceite do sujeito em participar.**

|             |             |
|-------------|-------------|
| Nome:       | Nome:       |
| Assinatura: | Assinatura: |