



**Escola Superior
Agrária**

Politécnico de Coimbra

ESCOLA SUPERIOR AGRÁRIA

INSTITUTO POLITÉCNICO DE COIMBRA

MESTRADO EM ENGENHARIA ALIMENTAR

Francisca Mendes Cortesão

Otimização da operação de escaldão no processo de produção de batata frita

Tutor: Susana Matos da Cruz Silva

Orientador: Ivo Manuel Mira Abreu Rodrigues

Coimbra, 2025

Francisca Mendes Cortesão

Otimização da operação de escaldão no processo de produção de batata frita

Relatório de estágio apresentado à Escola Superior Agrária de Coimbra para cumprimento dos requisitos necessários à obtenção do grau de mestre em ENGENHARIA ALIMENTAR.

Tutor: Susana Matos da Cruz Silva

Orientador: Ivo Manuel Mira Abreu Rodrigues

Coimbra, 2025

Agradecimentos

Ao longo do trabalho realizado foram várias as pessoas que o marcaram e o tornaram possível. Primeiramente, quero agradecer à empresa SIA – Sociedade Industrial de Aperitivos, S.A., por me acolher nas suas instalações e me proporcionar um momento de aprendizagem ao longo dos meses de estágio curricular do Mestrado em Engenharia Alimentar. À orientadora externa, Susana Silva, e à colega, Patrícia Correia, por toda a ajuda, ensinamento e atenção que deram ao meu trabalho. Ainda deixo o meu fiel agradecimento a todos os colaboradores da empresa por me acolherem com simpatia e também por tornarem as coisas possíveis.

Agradeço ao meu orientador interno, professor Ivo Rodrigues, por toda a disponibilidade, conhecimento, paciência, ajuda e ensinamento nesta etapa académica.

À minha família, deixo-lhes um agradecimento enorme, por me acompanharem e ajudarem nesta etapa final académica. São um pilar na minha vida. E às três pessoas que já não estão presentes, que me possam ver sorrir com mais uma conquista.

OBRIGADA!

Resumo

O relatório foi desenvolvido no âmbito do estágio curricular de Mestrado em Engenharia Alimentar realizado na empresa SIA – Sociedade Industrial de Aperitivos, S.A. com o objetivo de otimizar o funcionamento do equipamento de escaldão no processo de batata frita. Ao longo do relatório é abordada uma revisão bibliográfica acerca dos conteúdos relacionados com a tarefa desenvolvida no estágio e como a operação de escaldão influencia no produto desenvolvido da empresa.

A forte exigência dos clientes e a eficácia das empresas em garantir a qualidade e segurança dum produto leva a que as empresas do setor alimentar procurem alternativas para melhorar o fabrico do seu produto. A operação de escaldão, associada a outras operações, procura conceber ao produto uma melhor qualidade e segurança alimentar. Uma vez que a acrilamida é um composto suscetível de formação em batatas fritas, a operação de escaldão e o controlo das temperaturas de fritura contribuem para suavizar a formação de acrilamida na batata frita, bem como, conseqüentemente, controlar a cor do produto, que influencia na compra e consumo.

Para um estudo mais pormenorizado da operação de escaldão e para perceber a melhor forma de otimizar as condições de funcionamento do equipamento responsável por esta operação, procedeu-se à recolha de amostras de matéria-prima e de produto final para analisar os parâmetros influenciados pela operação de escaldão de modo a solucionar alternativas para o seu funcionamento, de acordo com três condições de temperatura propostas ($T_1(90\text{ °C}) = T_2(90\text{ °C})$, $T_1(90\text{ °C}) > T_2(70\text{ °C})$ e $T_1(70\text{ °C}) < T_2(90\text{ °C})$). Nestas condições foi analisada a aparência do produto final, a quantidade de batata não conforme descartada (kg/h) e percentagem de rodela conformes), textura, açúcares redutores e acrilamida.

Conclui-se que a temperatura $T_1(70\text{ °C}) < T_2(90\text{ °C})$ é a condição que mais favorece o produto final, uma vez que os seus valores de açúcares redutores são mais baixos e, com isso, os valores de acrilamida também são mais baixos, em relação às outras condições de escaldão. Nesta mesma condição e para o processo de ondulada girassol também se destacam, a melhor textura e a menor percentagem de rodela conformes.

Palavras-chave: Escaldão; Batata frita; Açúcares redutores; Acrilamida

Abstract

This report was developed as part of a Master's degree internship in Food Engineering at SIA – Sociedade Industrial de Aperitivos, S.A., with the objective of optimizing the operation of the scalding equipment in the potato chip production process. Throughout the report, a literature review is presented on topics related to the task performed during the internship and how the scalding operation influences the company's final product.

The strong demands of customers and the need for companies to ensure product quality and safety lead food companies to seek alternatives to improve their manufacturing processes. The scalding process, combined with other operations, aims to provide the product with better quality and food safety. Since acrylamide is a compound susceptible to formation in potato chips, the scalding process and the control of frying temperatures help to mitigate the formation of acrylamide in the potato chips, and consequently control the product's color, which influences its purchase and consumption.

For a more detailed study of the scalding operation and to understand the best way to optimize the operating conditions of the equipment responsible for this operation, samples of raw material and final product were collected to analyze the parameters influenced by the scalding operation in order to find alternatives for its operation, according to three proposed temperature conditions ($T1(90\text{ °C}) = T2(90\text{ °C})$, $T1(90\text{ °C}) > T2(70\text{ °C})$ and $T1(70\text{ °C}) < T2(90\text{ °C})$). Under these conditions, the appearance of the final product, the amount of non-conforming potatoes discarded (kg/h) and percentage of conforming slices, texture, reducing sugars and acrylamide were analyzed.

It is concluded that the temperature $T1(70\text{ °C}) < T2(90\text{ °C})$ is the condition that most favors the final product, since its reducing sugar values are lower and, consequently, the acrylamide values are also lower, compared to the other scalding conditions. Under this same condition, and for the sunflower wavy process, the best texture and the lowest percentage of conforming slices also stand out.

Keywords: Blanching; Potato chips; Reducing sugars; Acrylamide

Índice

Agradecimentos	ii
Resumo	iii
Abstract.....	iv
1. Introdução	1
2. SIA – Sociedade Industrial de Aperitivos, S.A.	3
2.1. Enquadramento na empresa	4
3. Revisão Bibliográfica	5
3.1. A batata.....	5
3.2. A batata frita	6
3.2.1. Informação nutricional e físico-química da batata frita	6
3.3. Fritura.....	7
3.4. Acrilamida	7
3.5. Operação de escaldão.....	8
3.5.1. Condições da operação escaldão.....	10
3.5.2. Tecnologias de escaldão	10
3.5.3. Efeitos da operação de escaldão no alimento	14
3.6. Textura	15
4. Fluxograma do Processo Produtivo.....	16
4.1. Descrição do processo produtivo.....	16
5. Materiais e métodos.....	21
5.1. Registos do equipamento da operação de escaldão	21
5.2. Aparência da matéria prima (batata crua)	22
5.3. Extrato Seco	22
5.4. Inspeção de Frita.....	22
5.5. Aparência da batata frita	22
5.6. Textura	24

5.7. Acrilamida	24
5.8. Teor de açúcares redutores	24
6. Resultados e Discussão	26
6.1. Caracterização sumária da matéria prima	26
6.2. Variação da temperatura de escaldão e efeito no produto acabado	26
6.3. Efeito das velocidades das pás e do tapete do equipamento da operação de escaldão no produto a acabado	29
6.4. Efeito das temperaturas de escaldão vs. açúcares redutores e acrilamida	32
Conclusão	34
Bibliografia	36
Anexo 1 - Protocolo da determinação dos açúcares redutores por DNS	38

Índice de Figuras

Figura 1 - Logotipo da empresa	4
Figura 2 - Corte transversal de um tubérculo de batata (adaptado de Rodrigues, 2006) ..	5
Figura 3 - Tipos de corte de batata crua para batata frita	6
Figura 4 - Estrutura molecular da acrilamida	7
Figura 5 - Escaldão IQB (adaptado de (Sruthy, Sandhya, Cr, & Sharma, 2022)).....	11
Figura 6 - Escaldão em água quente (adaptado de (GlobalSpec, s.d.)).....	12
Figura 7 - Fluxograma do processo produtivo na linha 3.....	17
Figura 8 - Textura por velocidade do equipamento de escaldão e processo produtivo: a) Crocância; b) Firmeza (T - Tapete do equipamento de escaldão; P - Pás do equipamento de escaldão).....	30
Figura 9 - Textura por velocidade do equipamento de escaldão e processo produtivo: a) Crocância; b) Firmeza (T - Tapete do equipamento de escaldão; P - Pás do equipamento de escaldão).....	31
Figura 10 - Textura por velocidade do equipamento de escaldão e processo produtivo: a) Crocância; b) Firmeza (T - Tapete do equipamento de escaldão; P - Pás do equipamento de escaldão).....	32

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Composição média da batata (adaptado de Rodrigues, 2006).....	5
Tabela 2 - Composição nutricional média da batata frita	6
Tabela 3 - Variação das temperaturas de escaldão no primeiro e segundo plano de trabalho	26
Tabela 4 - Resultados dos parâmetros analisados após a operação de escaldão no produto acabado	28
Tabela 5 - Teor de açúcares redutores e de acrilamida	33

1. Introdução

O presente relatório apresenta as tarefas desenvolvidas no estágio curricular, que decorreu cerca de seis meses no Departamento de Produção da empresa SIA – Sociedade Industrial de Aperitivos, S.A. O tema principal do estágio foi a otimização da operação escaldão no processo de produção de batata frita, tendo como principais objetivos a análise da metodologia atualmente usada para o escaldão e identificação das áreas de melhoria, a pesquisa de tecnologias e métodos alternativos que promovam uma eficaz operação de escaldão, propor soluções para otimizar a operação de escaldão em termos de eficiência e sustentabilidade, testar e validar as soluções propostas e documentar os resultados e produzir recomendações.

Como o tema do relatório indica, esta empresa dedica-se à produção e embalagem de batata frita, tendo assim como principal matéria prima a batata.

A batata (*Solanum tuberosum*) teve origem nos Andes peruanos há mais de 7000 anos. Com a sua descoberta houve uma mudança na relação entre as culturas andinas e esta cultura. Os povos andinos e até mesmo o Império Inca, tornaram-nas como alimento principal da sua dieta, sendo também utilizada em cerimónias religiosas e como medidor de tempo. Devido ao clima diverso, foi possível que estes povos cultivassem a batata de forma surpreendente, desenvolvendo assim ao longo dos séculos métodos agrícolas de cultivo mais rentáveis que permitiam alimentar as populações em períodos de inverno e de escassez alimentar (Pieterse, 2025).

Com a chegada dos espanhóis aqueles territórios no século XIV, a batata foi trazida para a Europa, o “Velho Continente”. Embora os europeus desconfiassem do produto, também aqui a batata veio a ser um dos alimentos básicos da dieta europeia. Diz-se ainda que este tubérculo contribuiu para o aumento da população em alguns países europeus e para a mitigação do impacto da fome (Pieterse, 2025).

Em Portugal, a introdução do cultivo da batata deu-se por volta do século XVIII, em Trás-dos-Montes, Minho e Beiras, por ocasião das invasões napoleónicas (PorBatata, s.d.).

A SIA utiliza este alimento valioso da dieta mundial, consumido em grande quantidade, para proporcionar um produto diferente e de qualidade aos seus

consumidores, comercializando-o sob as suas próprias marcas ou produzindo-o para outras marcas comerciais.

2. SIA – Sociedade Industrial de Aperitivos, S.A.

A empresa SIA - Sociedade Industrial de Aperitivos, S.A. dedica-se ao fabrico e embalamento de batata frita.

A SIA foi fundada em 1971 com a designação de Pinhos&Silva, Lda, sendo mudado o seu nome para SIA Aperitivos em 1990 e criadas duas das suas marcas próprias Douradas Caseiras e Super Douradas. Até aos dias de hoje, a empresa foi adquirida por vários grupos, passando pela Longa Vida (1991), onde foi instalada a primeira linha de produção de batata frita em Tentúgal, pelo Grupo United Biscuits (1994), que mais tarde adquiriu a sua totalidade e foi lançada a marca Sr. Basílio, pelo grupo espanhol Grefusa (1996) que apostou nas marcas próprias e investiu numa linha de produção de Batatas Fritas Light e, por fim, foi novamente adquirida por dois investidores portugueses em 2007, acompanhada por um crescimento significativo na produção. Consequentemente, houve a necessidade de incorporação de novas tecnologias nas fases de processamento da batata frita.

Em 2014, a SIA (figura 1) inseriu-se no grupo Altho, ao qual pertence até aos dias de hoje, levando sempre a cabo a melhoria contínua do seu produto e novos projetos.

Para além da marca própria, a SIA produz para diversas marcas da grande distribuição.

A empresa dispõe de quatro linhas de produção designadas L1000_1, L1000_2, R1000_3 e F Packs (dedicada somente a packs). Estas linhas permitem à empresa oferecer uma diversidade de produto, desde o tipo de batata – lisa, ondulada, palha larga, palha fina e palha extrafina – ao tipo de aroma que é requisitado pelo cliente.

Devido às boas práticas de fabrico praticadas, a SIA, dispõe de certificação dos seus sistemas de gestão nas áreas da qualidade, ambiente, saúde e segurança ocupacional e segurança alimentar. De acordo com estas áreas são assim consideradas as normas ISO 9001, ISO 14001, ISO 45001, ISO 22000 e IFS Food.



Figura 1 - Logotipo da empresa

2.1. Enquadramento na empresa

O relatório surgiu de tarefas desenvolvidas no departamento de produção da empresa SIA. O departamento de produção é dividido pela gestão de produção e pela zona de produção. A gestão de produção encarrega-se de gerir toda a produção, bem como todas as questões que envolvem a mesma. A zona de produção refere-se a toda a área de processamento da batata frita, desde a batata crua até à paletização e sua identificação. Divide-se em três partes: a zona húmida (relativa à batata crua), a zona de processamento (relativa à batata frita) e a zona de embalagem. A descrição detalhada das etapas que envolvem o processo de produção de batata frita é apresentada no ponto 4. Fluxograma e processo produtivo deste relatório.

3. Revisão Bibliográfica

3.1. A batata

A batata (*Solanum tuberosum*) é um tubérculo que pertence à família *Solanaceae*. Num corte transversal, como apresentado na figura 2, observa-se os tipos de tecidos presentes na batata (Rodrigues, 2006).

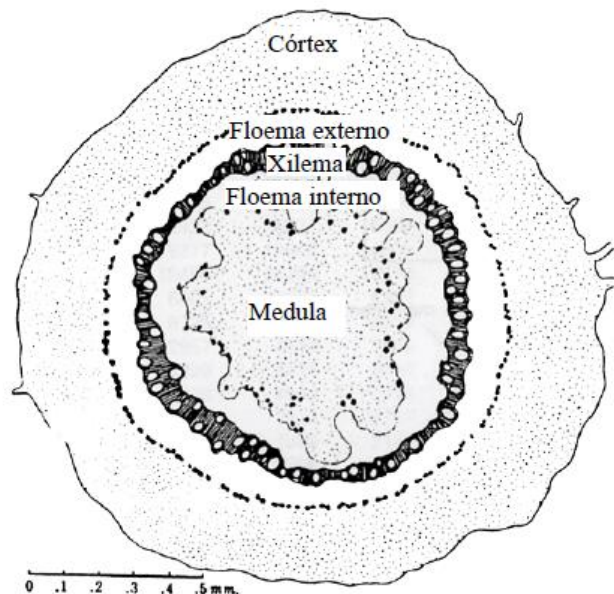


Figura 2 - Corte transversal de um tubérculo de batata (adaptado de Rodrigues, 2006)

Para além disso, a batata é composta por hidratos de carbono, principalmente amido, proteínas, minerais e vitaminas (complexo B e vitamina C) com valores médios identificados na tabela 1 (Rodrigues, 2006).

Tabela 1 - Composição média da batata (adaptado de Rodrigues, 2006)

Constituinte	Composição média (%)
Amido	70
Sacarose	0,5-1,0
Açúcares Redutores	0,5-2,0
Azoto total	1,0-2,0
Azoto proteico	0,5-1,0
Gordura	0,3-0,5
Fibras	6-8
Minerais	4-6

3.2. A batata frita

A batata frita é um alimento que teve a sua origem na França e na Bélgica, havendo ainda disputa para concluir qual deles foi o criador deste produto (Jardim, 2020). A batata frita consiste em batata crua cortada, em corte desejado, por exemplo os representados na figura 3, e submetida a processo de fritura em óleo quente.

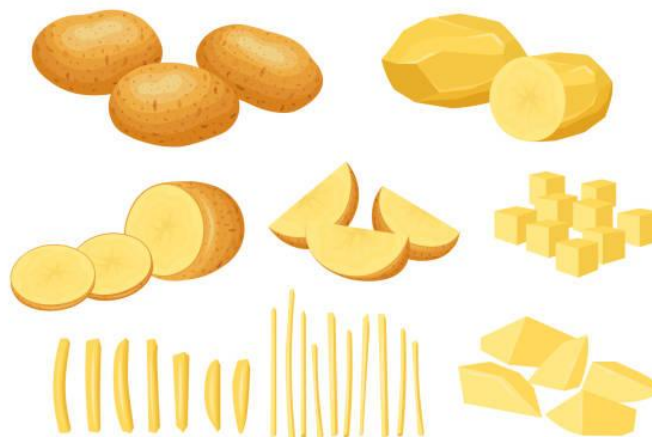


Figura 3 - Tipos de corte de batata crua para batata frita

3.2.1. Informação nutricional e físico-química da batata frita

A batata frita é um produto processado, onde a composição nutricional e físico-química são importantes, quer para a qualidade do produto quer para a saúde humana. Assim, com análises feitas à sua composição, a batata frita apresenta os valores nutricionais médios (Jorge, 2023) representados na tabela 2.

Tabela 2 - Composição nutricional média da batata frita

Informação nutricional	Por 100g
Energia	543 kcal/2260 kJ
Lípidos	38,1 g
Dos quais ácidos gordos saturados	14,7 g
Hidratos de carbono	39 g
Dos quais açúcares	0,6 g
Fibras	10,7 g
Proteína	5,7 g
Sal	1,2 g

3.3. Fritura

O processo de fritura consiste no contacto que o alimento tem com o óleo quente a ser utilizado, surgindo duas fases no processo: desidratação parcial do alimento e entrada do óleo nos alimentos. Estas duas fases consistem na remoção da água e dos materiais solúveis na água do interior dos alimentos e a introdução de óleo nos espaços livres deixados pela água, que depende do tempo e da temperatura de fritura e parâmetros característicos do alimento, como a humidade, forma e volume (ASAE, s.d. a).

No processo de fritura ocorre a degradação do óleo utilizado, devido a reações promovidas pelas altas temperaturas na presença de água e oxigénio. Para além disso, o processo de fritura pode fomentar a formação de substâncias prejudiciais nos alimentos, como, por exemplo, a acrilamida na fritura de batata frita, devido à presença de amido neste alimento e às altas temperaturas a que é submetido (ASAE, s.d. a).

3.4. Acrilamida

A acrilamida é um composto químico com estrutura molecular representada na figura 4. É um composto de elevada polaridade, solúvel em água e de baixa volatilidade, contudo é uma característica significativa para a sua formação. As reações de Maillard são o mais importante veículo de formação de acrilamida, sendo necessário a presença de açúcares redutores e asparagina livre nos alimentos. Para além disso, uma atividade da água (a_w) baixa e temperaturas de confeção superiores a 100 °C contribuem para a formação de acrilamida (ASAE, s.d. b).

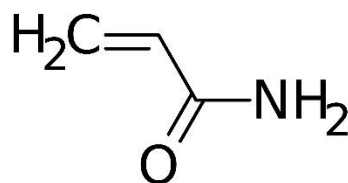


Figura 4 - Estrutura molecular da acrilamida

As batatas fritas são um dos alimentos com maior potencial para a formação de acrilamida durante o processo de fritura, uma vez que a temperatura e tempo de fritura influenciam significativamente a formação deste composto. Este contributo significativo deriva e depende das variedades de batata a serem utilizadas no processo, uma vez que

existe uma correlação entre as concentrações de acrilamida e as concentrações de açúcares redutores presentes na batata (ASAE, s.d. b).

O armazenamento da matéria-prima (batata crua) influencia a produção da acrilamida, pelo que devem ser alcançadas determinadas condições de armazenamento para que não haja aumento da concentração de açúcares redutores nas batatas, que, conseqüentemente, leva a uma maior probabilidade de formação de acrilamida em valores elevados. Sugere-se que se tente utilizar variedades de batata com baixo teor de açúcares redutores (máximo de 1 g/kg de batata) e que se realize um escaldão das batatas cortadas para reduzir o teor de açúcares redutores presentes. Além disso, o controlo da temperatura e do tempo de fritura deve ser tido em consideração, pois também é um dos fatores que contribui para a formação de acrilamida. A temperatura de fritura não deve exceder os 170 °C (ASAE, s.d. b).

A acrilamida está classificada pela *International Agency for Research on Cancer* como um carcinogénico do Grupo 2Aa e pela União Europeia como carcinogénico da Categoria 2b e um mutagénico da Categoria 2c (ASAE, s.d. b).

3.5. Operação de escaldão

A operação de escaldão é utilizada inúmeras vezes para anteceder outro tipo de operações no processamento de conservas, na congelação e secagem ou desidratação de alimentos de origem vegetal. Esta operação decorre como um pré-tratamento, submetendo o produto a uma temperatura pré-definida de aquecimento repentino e, posterior arrefecimento rápido do produto ou passagem imediata à operação seguinte de processamento (Müller, 2000) .

O escaldão não é um método de conservação térmico propriamente dito, mas é um pré-tratamento que acontece em determinadas metodologias de processamento (Fellows, 2002), como já atrás referidas.

O objetivo da operação escaldão é desnaturar enzimas específicas do produto e provocar perturbações nas membranas celulares que são permeáveis à água e aos solutos através do contacto com um meio com temperatura elevada e de forma repentina. As alterações causadas ao nível celular do produto é um contributo para garantir a qualidade do produto final (Müller, 2000).

Alguns fatores que influenciam o tempo da operação de escaldão são:

- Tipo de fruta ou vegetal;
- Tamanho e forma dos pedaços do alimento;
- Temperatura da operação;
- Método de aquecimento (Fellows, 2002)

A inativação de enzimas presentes no alimento pode ser relevante, uma vez que essas podem alterar a qualidade do produto, bem como contribuir para a perda de cor e textura e causar odores e sabores indesejados no produto. As enzimas mais estudadas nesse efeito são as peroxidases, as catalases e as lipoxigenases. As peroxidases são as mais usadas no estudo da eficácia da operação de escaldão, já que o teste que permite verificar a sua atividade é de simples e rápida execução e estas enzimas são caracterizadas pela sua elevada resistência ao calor (Müller, 2000). Assim, quando o teste de pesquisa de peroxidase for negativo, significa que todas as outras enzimas presentes estarão também inativadas.

Os fatores de controle da taxa de aquecimento no centro do produto são, resumidamente:

- A temperatura do meio de aquecimento;
- O coeficiente de transferência de calor por convecção;
- O tamanho e forma dos pedaços do alimento;
- A condutividade térmica do alimento (Fellows, 2002).

O escaldão provoca a remoção dos gases tecidulares, principalmente os intercelulares. Este acontecimento é mais específico no processamento de conservas.

Uma das principais consequências do escaldão é a redução de tamanho. É importante que haja um controle do tempo e da temperatura da operação para que não ocorra perda excessiva de textura no alimento. A adição de cloreto de cálcio ajuda a manter a textura do tecido vegetal por meio da formação de pectato de cálcio (Müller, 2000).

Outro motivo pelo qual o escaldão é benéfico é que este funciona como operação final de limpeza e descontaminação. O escaldão tem efeitos ainda de remoção de resíduos de pesticidas e radionuclídeos (Müller, 2000).

3.5.1. Condições da operação escaldão

Na operação escaldão devem ser avaliadas as condições de operação para evitar perdas de textura, peso, cor e de nutrientes. Os materiais solúveis em água são os minerais, os açúcares, as proteínas e as vitaminas (Müller, 2000).

O escaldão é uma operação exemplificativa de transferência de calor por convecção pelo escaldador e por condução no interior do produto. A transferência de massa também é importante. Por isso devem ser avaliadas as matérias-primas de modo a preservar as suas características e para que o tempo de operação não seja excessivo. Os aspetos a ter em consideração são as propriedades dos alimentos, principalmente a condutividade térmica, o efeito desejado do escaldão, como atingir uma temperatura desejada no centro geométrico do produto, atingir um nível específico de inativação da peroxidase e de retenção de vitamina C, o tamanho e formato do alimento e a forma como é realizado o aquecimento na operação (Müller, 2000).

Os fatores tempo e temperatura variam para os diversos alimentos, contudo o mais frequente é a utilização de tempos de contacto entre 1 e 15 minutos e temperaturas entre 70°C a 100°C.

3.5.2. Tecnologias de escaldão

As duas alternativas da operação de escaldão são a de submeter o alimento ao contacto com vapor saturado ou com água quente.

O escaldão convencional através de **vapor saturado** consiste em transportar o alimento numa esteira de malha através de túnel com atmosfera de vapor (Müller, 2000). Numa primeira fase, o alimento é aquecido numa só camada a uma temperatura capaz de inativar a atividade enzimática. Na fase seguinte, a camada do alimento é transportada a uma temperatura adequada e por um período mais longo para que o centro do alimento atinja a temperatura que seja capaz de inativar a atividade enzimática (Fellows, 2002).

Este tipo de escaldão leva 1,5 vezes mais tempo do que o escaldão de água quente. É mais utilizado em processamento de vegetais, como por exemplo: brócolos, abóbora e batata-doce. (Ranjan et al., 2017)

O **escaldão IQB (*Individual Quick Blanching*)** consiste em transportar o alimento até à zona de aquecimento. Nesta zona de aquecimento dá-se a emissão de vapor. O alimento permanece por um determinado tempo na zona de aquecimento a uma

temperatura capaz de inativar a atividade enzimática e é transportado no elevador de retenção até à zona de arrefecimento. Podemos observar esquematicamente as fases da operação na figura 5. Na zona de arrefecimento é utilizado um produto para saturar o ar frio com humidade. Desta forma haverá redução de perdas por evaporação nos alimentos e diminuição da quantidade de efluentes produzidos. Este tipo de escaldão serve para que a operação seja uniforme em todo o produto (Fellows, 2002).

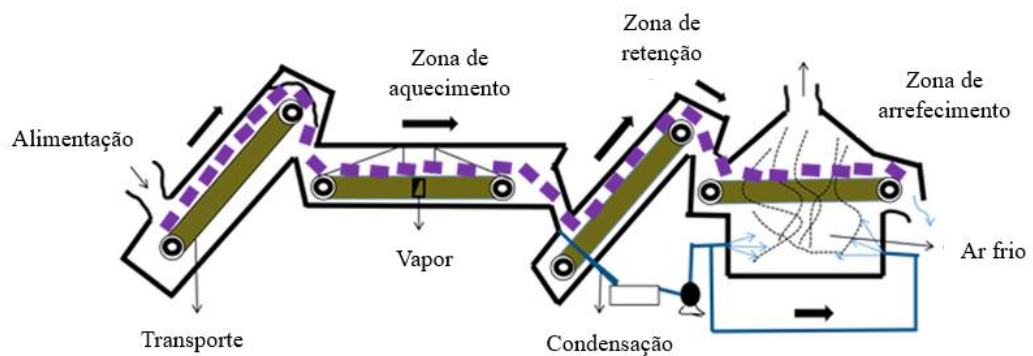


Figura 5 - Escaldão IQB (adaptado de (Sruthy, Sandhya, Cr, & Sharma, 2022))

O **escaldão Batch Fluidised-bed Blanchers** consiste numa camada de alimento que é envolvida por uma mistura de vapor e ar, permitindo a sua movimentação e aquecimento em simultâneo. O modelo do equipamento permite a circulação contínua e uniforme do alimento até atingir o ponto ideal de escaldão. As vantagens deste tipo de método são o aquecimento rápido e uniforme, boa mistura do produto, redução substancial do volume de efluente produzido e tempo de operação curto (Fellows, 2002).

O escaldão convencional através de **água quente (hot water blanching)**, figura 6, possui dois modelos, o de tambor e o de tubo. No modelo de tambor, o alimento entra num tambor de malha que gira lentamente e está submerso em água quente. O tempo de aquecimento é definido de acordo com a velocidade de rotação do tambor. No modelo de tubo, o alimento entra em contacto com a água quente que está em recirculação no tubo. O tempo de aquecimento é determinado através do comprimento do tubo e da velocidade da água quente que nele circula.

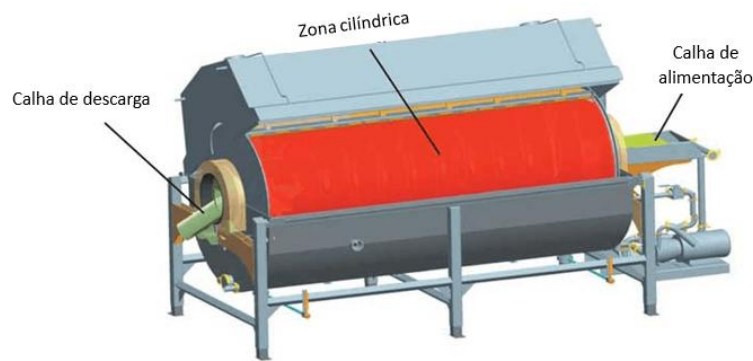


Figura 6 - Escaldão em água quente (adaptado de (GlobalSpec, s.d.))

Neste método de escaldão a água encontra-se a uma temperatura que varia entre os 70°C e 100°C. Existem várias técnicas para o escaldão em água quente, como:

- LTLT (low temperature for long time);
- HTST (high temperature for shorter time);
- LTLT e HTST em simultâneo (Ranjan et al., 2017).

Os dois tipos de operação de escaldão apresentam vantagens e limitações que se apresentam de seguida.

- **Escaldão a vapor**

Vantagens: menor perda de componentes solúveis em água, menor volume de resíduos e baixo custo de rejeição e facilidade de limpeza e de esterilização dos equipamentos.

Limitações: lavagem/limpeza limitada dos alimentos – são necessárias lavadoras, alimentos que surjam aglomerados dificultam um escaldão eficaz e permite a perda de produto.

- **Escaldão por água quente**

Vantagens: menor investimento inicial e melhor eficiência energética.

Limitações: custos elevados no abastecimento de água e no tratamento das águas residuais e risco de contaminação por bactérias termófilas (Fellows, 2002).

O **escaldão a gás** é outro método de escaldão que utiliza gases de combustão. A utilização de gases de combustão permite que o alimento não perca a humidade e, conseqüentemente, não desidrate. Uma das vantagens deste tipo de escaldão é reduzir a produção de resíduos, contudo é notória a perda de peso no alimento. Esta tecnologia não

é utilizada na indústria por falta de conhecimento mais aprofundado sobre a mesma e de como a otimizar (Ranjan et al., 2017).

O **escaldão húmido** apresenta as seguintes desvantagens:

- Operação de longa duração e alto consumo de energia o que leva à perda por lixiviação de minerais, nutrientes, fitoquímicos e sabor;

- Gradientes de temperatura altos entre o centro e a superfície do alimento, o que pode levar a um escaldão excessivo;

- Alterações na textura e produção de grande quantidade de efluentes com elevada carga orgânica (Ranjan et al., 2017).

A operação de escaldão pode ser combinada com outras operações como o descasque ou a lavagem de modo a reduzir custos.

Para além da tecnologia de escaldão húmido, também existe a tecnologia de escaldão a seco. Esta tecnologia traz mais vantagens em relação à convencional – pouco tempo para inativar o complexo enzimático e perdas reduzidas por lixiviação de vitaminas, compostos voláteis, pigmentos, carboidratos e componentes solúveis em água (Ranjan et al., 2017).

Os três tipos de tecnologia de **escaldão a seco** são escaldão por **infravermelhos**, **escaldão por micro-ondas** e **escaldão por alta pressão**.

No **escaldão por infravermelhos**, a energia de radiação infravermelha com comprimentos de onda definidos incide no alimento, aquecendo a água nele presente para o efeito desejado de escaldão. Este método é altamente eficiente na transferência de energia para o alimento, pois a radiação só aquece o alimento e não aquece o ar e o ambiente em redor (Ranjan et al., 2017).

No **escaldão por micro-ondas** há aquecimento do material que apresenta características dielétricas em que as moléculas polares se movimentam em função do campo eletromagnético, promovendo o aquecimento. Com isto, a energia cinética aumenta e a temperatura do alimento também. Com a rotação molecular é possível transformar a radiação eletromagnética em energia térmica no alimento (Ranjan et al., 2017).

O escaldão por micro-ondas pode vir a substituir a tecnologia tradicional de água quente em alguns tipos de vegetais (Severini et al., 2001).

As vantagens desta tecnologia são o aquecimento uniforme do alimento, logo o aquecimento é feito de forma mais rápida e a capacidade de criar calor interno. Pode ainda se caracterizar como uma operação HTST (high temperature for shorter time) (Severini et al., 2001).

O **escaldão por alta pressão** é utilizado normalmente em alimentos com embalagens de selagem a quente. A pressão nesta operação varia entre os 50 e 700 MPa, contudo o recomendado é 100 a 200 MPa. Esta operação mostrou-se ser eficiente na inativação do complexo enzimático (exemplo: inativação da polifenol-oxidase em fatias de pêssego) (Severini et al., 2001).

3.5.3. Efeitos da operação de escaldão no alimento

A operação escaldão pode influenciar a qualidade do alimento, em parâmetros como nutrientes, cor e/ou sabor e textura.

Nutrientes

O alimento apresenta vários nutrientes na sua composição. Alguns minerais, vitaminas hidrossolúveis e outros componentes solúveis em água são destruídos ou perdidos durante o escaldão. As vitaminas hidrossolúveis podem ser perdidas por lixiviação, por degradação térmica ou por oxidação. A perda de vitaminas pode dever-se a vários fatores, como:

- A maturação do alimento e a sua variedade;
- Os métodos usados na preparação do alimento, principalmente o corte;
- A proporção entre a área da superfície e o volume das peças do alimento;
- Método de escaldão;
- Tempo e temperatura de escaldão;
- Método de arrefecimento;
- Proporção da água de escaldão e de arrefecimento usadas em relação ao alimento processado (Fellows, 2002).

O ácido ascórbico é um indicador usado para verificar a qualidade do alimento (Fellows, 2002).

Cor e sabor

A operação de escaldão permite realçar a cor dos alimentos, retirando a poeira e o ar da superfície. O tempo e a temperatura de escaldão também influenciam na pigmentação do alimento.

Quando o escaldão é realizado adequadamente, a maioria dos alimentos não apresenta alterações significativas no sabor ou no aroma. Contudo o escaldão insuficiente pode contribuir para o aparecimento de sabores desagradáveis durante o seu armazenamento (Fellows, 2002).

3.6. Textura

Segundo a Norma da ISO (1992), a textura é “o conjunto de propriedades mecânicas, geométricas e de superfície de um produto detetáveis pelos recetores mecânicos e táteis e eventualmente pelos recetores visuais e auditivos.”. A textura é um aspeto crítico na avaliação sensorial da batata frita (Noronha, 2022). Esta pode ser avaliada de diversas formas de acordo com o alimento a analisar.

No que diz respeito às condições de tempo-temperatura necessárias para inativar as enzimas, este procedimento causa perda de textura em alguns tipos de alimentos (exemplo: algumas variedades de batata). Uma das formas para combater esse efeito é a adição de cloreto de cálcio, cerca de 1 a 2 % para formar pectato de cálcio e manter a firmeza dos tecidos do alimento (Fellows, 2002).

4. Fluxograma do Processo Produtivo

O trabalho desenvolvido baseia-se no processo da linha R1000_3, onde se encontra o equipamento de escaldão. O fluxograma da linha de processamento é apresentado na figura 7.

4.1. Descrição do processo produtivo

A batata segue das tulhas da zona agro para as zonas húmidas 1 e 2.

- Lavagem da batata crua inteira

Primeiramente, a batata crua passa no *de-stoner* para remover corpos mais densos que a batata (pedras, aglomerados de terra, outros corpos estranhos) através de força centrífuga. Estes corpos são direcionados para *big bags* para serem descartados. A batata segue superficialmente em água para lavagem até ao descascador.

- Descasque

O descascador possui uma balança calibrada com o peso adequado para a operação e liberta as batatas para o descasque. Na operação de descasque, as peles retiradas são projetadas para caixas de desperdício de peles e a batata segue em tapete rolante até ao PEF (Pulsed Eletrics Fields).

- Microperfurações

O equipamento PEF realiza microperfurações através de impulsos elétricos originando a formação de poros e contribuindo para a destruição de células que facilitam o processo de fritura.

- Seleção de batata crua

A batata segue para a seleção de batata crua, feita manualmente por operadores - inspetores de crua -, que retiram objetos estranhos, batata verde ou com danos externos que são direcionados para caixas de desperdício de relo, e procedem ao corte de batata de maior calibre. A batata é encaminhada em tapetes rolantes até à área de processo.

Ambas as zonas húmidas podem abastecer as três linhas de processo.

Na área de processo existem três linhas designadas por F1000_1, F1000_2 e R1000_3.

As linhas F1000_1 e F1000_2 seguem o mesmo princípio de funcionamento. A linha R1000_3 apresenta diferenças no processo.

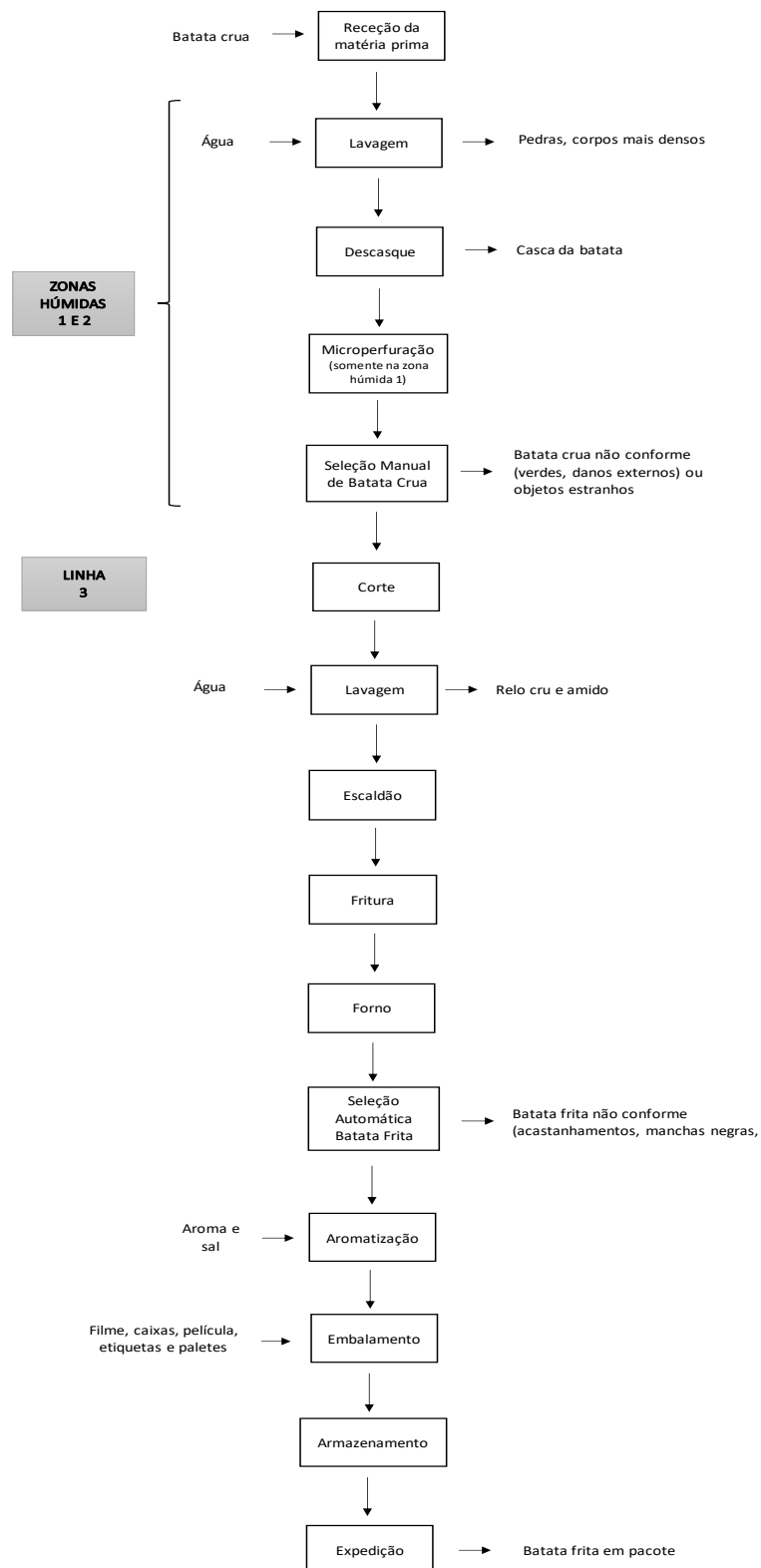


Figura 7 - Fluxograma do processo produtivo na linha 3

- Corte

A batata vinda da zona húmida, entra na área de processo e inicia o corte, que pode ser personalizado – corte liso, corte ondulado ou corte palha. Durante a operação de corte estão em funcionamento dois cortadores, apesar de cada linha possuir três cortadores. O cortador que se encontra parado serve de apoio à mudança de corte ou ajustes nos restantes cortadores.

- Lavagem da batata cortada/secagem

À saída dos cortadores a batata segue em lavagem para ser removido o excesso de amido, passando por dois tapetes de lavagem e um tapete de secagem – para que a batata ao entrar na fritadeira possua a menor quantidade de água possível, já que o princípio da fritura assenta na remoção de água e conseqüente introdução de óleo ou azeite.

- Fritura

A batata segue para a fritadeira e, com ajuda de pás rotativas, é encaminhada ao longo da fritadeira saindo através de um tapete rotativo. A fritura da batata é feita à superfície do nível do óleo a temperatura que não deve ultrapassar os 168°C, sendo que temperaturas mais baixas permitem evitar a formação de acrilamida. Tendo em atenção que as operações de microperfuração (PEF) e de escaldão ocorrem antes da fritura, a batata atinge mais rapidamente a temperatura desejada tornando o processo mais rentável. A fritura pode ser realizada em óleo de girassol ou azeite. Após a batata sofrer a operação de fritura, esta segue em tapete até ao equipamento de seleção de batata frita.

- Seleção automática de batata frita

A seleção automática de batata frita é feita através do OPTIX. Este equipamento seleciona as batatas fritas com determinadas imperfeições como zonas acastanhadas, verdes ou manchas negras. O descarte da batata frita com imperfeições é feito através de jatos de ar projetados na batata. Contudo este descarte é feito em dois segmentos, o diretamente descartado, onde é direcionado para palotes de frita, e o de recirculação, em que o produto segue novamente ao OPTIX para uma segunda seleção. À saída deste equipamento, a batata segue e é medido o teor de humidade e de gordura. De seguida, a batata frita é encaminhada para as tulpas e, posteriormente, para a zona de embalamento. Excecionalmente, pode ser colocado um operador - inspetor de frita - após a saída da batata do OPTIX para reforçar a seleção.

Na linha 3, a partir da etapa de corte, o processo difere das outras linhas.

- Escaldão

Após o corte da batata, esta é encaminhada para o equipamento de escaldão onde é submetida a temperaturas definidas de acordo com as características da matéria-prima previamente analisadas. A temperatura de *set-point* define a temperatura desejada à entrada e à saída do equipamento. Este processo contribui para a qualidade do produto final, uma vez que reduzirá o aparecimento de acastanhamentos após operação de fritura e previne a formação de acrilamida. A batata, após passar pelo equipamento de escaldão, inicia o processo de fritura semelhante ao da linha F1000_1 e F1000_2.

- Secagem ou cozimento

Outra das particularidades desta linha é que possui um forno destinado à produção de batata frita *light*. Quando este é utilizado, as temperaturas do óleo ou azeite da fritadeira tendem a ser mais baixas para que o teor de óleo introduzido no produto seja menor e, no forno, seja possível remover a restante água que a batata ainda possui após a fritura, de modo a conferir-lhe uma textura mais crocante e estaladiça, tal como o desejado e esperado neste produto. Depois da passagem pelo forno, segue o procedimento da seleção da batata frita como descrito para as linhas 1 e 2.

Terminada a zona de processo, o produto passa para a zona de embalagem. A zona de embalagem subdivide-se em dois patamares. No patamar superior, por onde a batata passa em primeiro lugar, localiza-se a zona de aromatização e no patamar inferior encontra-se as embaladoras.

- Aromatização

Na zona de aromatização é feita a introdução do aroma e do sal. Esta zona apresenta 14 tambores de aromatização. O aroma e o sal são introduzidos de acordo com as especificações do produto que se pretende embalar. A batata é encaminhada da zona de processo para esses tambores, onde é feita a mistura com o aroma e o sal (se aplicável) e dispersa em balanças com determinada quantidade que se conjugam entre si (quatro balanças) para depositar a quantidade pretendida de batata em cada bolsa.

- Embalamento

No patamar inferior estão dispostas as 14 máquinas de embalagem. Em cada máquina é introduzida uma bobine de filme de acordo com o plano de produção definido e é programado o tipo de produto a embalar, maximizando a eficiência da máquina de

acordo com o pretendido. No arranque de um lote de batata frita a embalar deve-se retirar as cinco primeiras bolsas para a pesagem das mesmas, de maneira a controlar o peso certo de cada bolsa. Este procedimento é repetido de hora a hora. Para além do controlo do peso, deve-se verificar a selagem das bolsas e a impressão de validade (se corresponde à data de validade determinada a partir do dia de embalamento) que pode variar de produto para produto. Por exemplo: 45 dias, 90 dias ou 180 dias. As máquinas de embalamento possuem um tapete rolante que transportam as bolsas para que os operadores de embalamento façam a sua contabilização, colocação em caixas e a sua paletização.

As paletes são retiradas junto dos operadores de embalamento, quando completas, e é feita a sua identificação com uma etiqueta interna preenchida com o nome do produto, código do produto, código de barras, nº de lote e data de validade. São de seguida encaminhadas para a zona de paletização onde são revestidas com película e é criada uma etiqueta de lote da paleta. As paletes de produto acabado seguem para o Armazém de Produto Acabado.

Ainda nessa zona, existe a máquina Multipack, que tem a função de embalar em packs bolsas previamente embaladas na zona de embalamento. Estes packs são colocados em caixas e sofrem o mesmo processo de armazenamento.

Com saída para a zona de embalamento, podemos observar a zona TECO, onde se encontram as máquinas formadores de caixas. As caixas de embalamento quando são rececionadas apresentam um aspeto compacto e sem forma.

5. Materiais e métodos

A SIA dispõe de um equipamento de escaldão numa das suas linhas de processo, que foi o ponto-chave do desenvolvimento das tarefas que sustentaram a elaboração deste relatório.

Primeiramente, foram realizados vários testes à operação de escaldão das batatas, após a operação de corte e lavagem, com três condições de temperatura. Uma vez que o equipamento de escaldão, presente na linha de processo estudada, permite a atribuição de duas temperaturas de *setpoint*, T1 (temperatura da água à entrada da batata) e T2 (temperatura da água à saída da batata), foram definidas as seguintes condições de temperatura:

- $T1(90\text{ °C}) = T2(90\text{ °C})$
- $T1(90\text{ °C}) > T2(70\text{ °C})$
- $T1(70\text{ °C}) < T2(90\text{ °C})$

Para cada uma das condições de temperatura de escaldão, foram tidos em consideração os seguintes parâmetros:

- Tipo de processo (Lisa, ondulada ou light);
- Equipamento PEF (*Pulsed Eletrics Fields*) ligado;
- Velocidade das pás e do tapete do equipamento iguais.

Foram recolhidas e analisadas amostras de acordo com as três condições de escaldão propostas. Em cada teste realizado foram feitos registos relacionados com o equipamento de escaldão e realizadas análises à aparência da batata frita antes e após a seleção automática e, pontualmente, seleção manual, à inspeção de frita (kg/h), à quantidade de rodela conformes que eram descartadas pelo equipamento de seleção automática, , à textura, aos açúcares redutores e à acrilamida em lotes selecionados.

5.1. Registos do equipamento da operação de escaldão

Os parâmetros registados associados ao equipamento da operação de escaldão nas fases de trabalho foram os seguintes:

- Temperaturas de *setpoint* e temperaturas reais;
- Velocidade das pás e do tapete;
- Tempo de retenção.

5.2. Aparência da matéria prima (batata crua)

A aparência da matéria prima é determinada a partir de uma amostra significativa de batata antes desta ser encaminhada para o processo de produção. É realizada a fritura, em laboratório, após a qual são analisados os defeitos da batata frita.

5.3. Extrato Seco

O extrato seco/matéria seca da batata consiste na composição de sólidos presentes na batata e é expresso em percentagem. Este parâmetro é também analisado aquando da aparência da matéria prima. O extrato seco permite aferir o estado de composição da batata para que sejam ajustados todos os parâmetros de processo.

5.4. Inspeção de Frita

A inspeção de frita, expressa em kg/h, consiste na quantidade de batata que é descartada pelo equipamento de seleção automática de batata frita. A batata frita que é descartada pode conter acastanhamentos, manchas negras ou zonas verdes. Para quantificar a batata frita descartada, foi cronometrada a quantidade de batata frita que era encaminhada para os palotes por minuto e calculada, posteriormente, a quantidade de produto, em kg/h, que era descartado. Associado a este descarte, foram pesadas 100 g dessa batata frita não conforme e observada a percentagem de rodela conformes que continha. O equipamento de seleção automática, por vezes, descarta rodela conformes, pois ao projetar os jatos de ar para as rodela não conformes, por colisão, a rodela conforme poderá ser também descartada.

5.5. Aparência da batata frita

A aparência da batata frita (g/100g) foi analisada antes e após a seleção automática e, pontualmente, após a seleção manual de batata frita. Para esta análise foi recolhida uma amostra de 100 g de produto e observados os defeitos da batata por grau de importância (verdes, indesejáveis, manchas negras, defeitos internos e defeitos externos, respetivamente) e os defeitos de processo (moles, peles, encharcamentos, empolamentos, corte defeituoso e dobradas).

5.6. Textura

A textura foi analisada ao produto acabado já embalado recolhido por cada teste de escaldão realizado. O procedimento da análise e obtenção de valores foi realizado pelo laboratório da qualidade utilizando o teste de compressão em massa com uma sonda e célula de Ottawa (A/OTC) com base de 3 mm (A/BAR) e é expressa em crocância (número eventos/picos) e firmeza (g s)¹. Esta análise foi levada a cabo, uma vez que a operação de escaldão pode ter influência na textura do produto final.

5.7. Acrilamida

A acrilamida também foi analisada ao produto acabado já embalado recolhido por cada teste realizado. A sua análise é realizada por um laboratório externo à SIA, por HPLC e é expressa em µg/kg. Esta análise realizou-se visto estar associada às condições de processamento, nomeadamente, à temperatura de fritura, e à composição de batata, com especial relevância para o conteúdo em açúcares redutores.

5.8. Teor de açúcares redutores

A batata tem presente na sua composição açúcares. A composição em açúcares redutores varia de variedade para variedade e depende das condições de cultivo e armazenamento.

Para melhor compreender o comportamento da batata em processo de produção, é determinado o teor de açúcares redutores presentes numa amostra, através de um método expedito e, como tal, menos exato, de cada lote destinado à produção de batata frita. Esta análise é realizada através de um equipamento de medição de glucose¹ disponível na empresa. Este método é comumente utilizado para a medição de glicémia no sangue. O teor de açúcares redutores é expresso em mg/dL.

Para avaliar a influência da operação de escaldão nas condições anteriormente descritas e tendo em consideração os parâmetros também já assinalados, foi quantificado o teor de açúcares redutores da batata antes e após a operação de escaldão das amostras recolhidas.

Numa primeira tentativa de medição do teor dos açúcares redutores antes e após a operação de escaldão, nas condições propostas, foi utilizado o método expedito de medição de glucose¹, já utilizado na SIA, aquando da receção de batata crua, como atrás explanado.

¹ Designação do equipamento sob efeito de confidencialidade

Foi retirada uma amostra de batata à entrada e à saída da operação de escaldão para a medição do teor de açúcares redutores. Obteve-se uma polpa homogênea a partir dessas amostras e procedeu-se à medição com o equipamento de medição de glucose¹. No preparado da amostra antes do escaldão, o teor de açúcares é medido com sucesso. No preparado da amostra depois do escaldão, uma vez que a batata está “cozida”, a medição do teor de açúcares redutores não é bem-sucedida. A sua textura é demasiado espessa, não permitindo a libertação do “suco” necessário para aplicação do método. Mesmo que efetuada uma diluição (por exemplo 1:2), seria ultrapassado o limite mínimo de deteção do método, visto que a sua escala só permite leituras superiores a 20 mg/dL.

Analisando as dificuldades sucedidas procedeu-se à pesquisa de métodos de determinação do teor de açúcares redutores que se pudessem ajustar ao produto e tipo de amostras recolhidas.

O método DNS foi selecionado para quantificar os açúcares redutores nas amostras de batata crua e nas amostras submetidas a escaldão, de acordo com as três condições anteriormente apresentadas. Para esta medição foram recolhidas amostras de batata crua inteira e batata cortada após a operação de escaldão e utilizado um protocolo (anexo 1), como base do procedimento.

A determinação de açúcares redutores pelo método de DNS realiza-se por leitura da absorvância nos 540 nm, segundo uma reta de calibração elaborada com soluções de concentração conhecida (entre 0 e 1 mg/ml) de glucose. A reta de calibração calculada permite obter o valor de açúcares redutores em função do valor da absorvância. O teor de açúcares redutores foi expresso em mg/mL.

¹ Designação do equipamento sob efeito de confidencialidade

6. Resultados e Discussão

6.1. Caracterização sumária da matéria prima

A matéria prima utilizada nos testes de escaldão apresenta um valor de $4,9 \pm 3,0$ (g/100g) de aparência de batata, $22,5 \pm 1,6$ % de extrato seco e $41,9 \pm 14,5$ mg/dL de açúcares redutores (determinado pelo equipamento interno da SIA¹). Estes valores permitem concluir que o lote tem características para poder ser utilizado na produção de batata.

6.2. Variação da temperatura de escaldão e efeito no produto acabado

De modo a avaliar o efeito da temperatura nas variáveis propostas, foram registadas as temperaturas reais do equipamento durante a operação de escaldão e, posteriormente, avaliada a sua variação, o seu máximo e mínimo, como apresentado na tabela 2. Verificou-se que o tratamento com maior variação de temperatura foi o T1(70 °C) < T2(90 °C).

Tabela 3 - Variação das temperaturas de escaldão no primeiro e segundo plano de trabalho

Variável	Média do intervalo entre temperaturas (°C)	Mínimo do intervalo da temperatura (°C)	Máximo do intervalo da temperatura (°C)
T1(90 °C) = T2(90 °C)	0,8	0	7
T1(90 °C) > T2(70 °C)	8,9	5	17
T1(70 °C) < T2(90 °C)	19	15	21

Para observar o efeito da operação de escaldão nas três condições de temperatura de escaldão foram tidos em conta sete aspetos relacionados com o produto acabado (defeitos do produto – com e sem seleção automática, inspeção de frita (IF) – kg/h e % de rodela boas a serem descartadas, textura – crocância e firmeza e acrilamida) apresentados na tabela 3.

¹ Designação do equipamento sob efeito de confidencialidade

Defeitos totais da batata frita

A aparência do produto acabado, avaliada previamente ao embalamento, corresponde a um dos parâmetros analisados à batata frita. Esta avaliação serviu também o propósito de verificar se as condições de escaldão (temperatura de escaldão) influenciavam na percentagem de defeitos do produto acabado. Esta análise foi realizada em duas condições, onde a primeira corresponde à recolha da amostra após a seleção automática e, pontualmente, seleção manual e a segunda corresponde à amostra recolhida antes da seleção automática, como identificado na tabela 3.

Assim, verificou-se que para o processo de ondulada girassol, as condições de temperatura de escaldão mais favoráveis para uma menor quantidade de defeitos em produto acabado com seleção automática e sem seleção automática são $T1(90\text{ °C}) = T2(90\text{ °C})$ e $T1(90\text{ °C}) > T2(70\text{ °C})$, respetivamente. No processo de lisa girassol e light girassol, em ambas as condições de recolha da amostra, a condição de temperatura de escaldão mais favorável é $T1(90\text{ °C}) > T2(70\text{ °C})$.

Globalmente, o processo ondulada girassol é que apresenta o menor valor de defeitos para qualquer das condições de escaldão utilizadas. Como expectável, a quantidade de defeitos é menor após a realização da seleção automática.

Inspeção de Frita

Para observação da eficácia da seleção automática de batata frita foram analisados os resultados obtidos da inspeção de frita.

A tabela 3 mostra que, em todos os processos, a condição de temperatura de escaldão que apresenta um menor valor relacionado com o descarte de inspeção de frita (kg/h) é $T1(90\text{ °C}) > T2(70\text{ °C})$. Relativamente à percentagem de rodelas conformes descartadas, em todos os tipos de processo (ondulada, lisa e light girassol), a condição de temperatura de escaldão que apresenta menor percentagem é $T1(70\text{ °C}) < T2(90\text{ °C})$.

Tabela 4 - Resultados dos parâmetros analisados após a operação de escaldão no produto acabado

Processo		Defeitos (g/100g)		IF (kg/h)	IF (% Rodelas Conformes)	Crocância (número de eventos/picos)	Firmeza (g/sec)	Acrilamida ($\mu\text{g}/\text{kg}$) ²
		Com seleção automática	Sem seleção automática					
<u>ONDULADA</u> <u>GIRASSOL</u>	Condições							
	T1(90 °C) = T2(90 °C)	1,6 ±1,5	7,2 ±3,8	39,0 ±24,5	20,6 ±11,2	51,1 ±7,2	19423,6 ±3568,8	-
	T1(90 °C) > T2(70 °C)	2,0 ±0,9	5,8 ±3,2	39,1 ±18,8	18,4 ±9,1	50,3 ±5,1	19115,5 ±2657,6	-
	T1(70 °C) < T2(90 °C)	2,4 ±2,5	7,6 ±2,1	42,3 ±18,4	17,0 ±8,1	52,4 ±6,6	19291,3 ±3911,1	-
<u>LISA GIRASSOL</u>	Condições							
	T1(90 °C) = T2(90 °C)	10,1 ±4,4	15,6 ±3,7	55,2 ±30,3	9,0 ±4,6	30,8 ±3,8	7138,5 ±859,8	-
	T1(90 °C) > T2(70 °C)	10,0 ±4,8	11,3 ±3,6	61,6 ±35,2	11,9 ±6,0	32,2 ±3,8	7487,3 ±1018,6	-
	T1(70 °C) < T2(90 °C)	11,0 ±5,5	12,3 ±6,4	61,9 ±39,7	8,0 ±4,3	30,8 ±9,0	6985,6 ±2157,4	-
<u>LIGHT</u> <u>GIRASSOL</u>	Condições							
	T1(90 °C) = T2(90 °C)	7,3 ±4,3	10,4 ±4,2	24,6 ±10,7	10,8 ±4,5	37,5 ±6,6	10687,7 ±1652,3	-
	T1(90 °C) > T2(70 °C)	5,9 ±4,9	8,5 ±5,8	47,8 ±33,6	8,2 ±0,2	38,0 ±5,2	10922,0 ±1733,0	-
	T1(70 °C) < T2(90 °C)	8,9 ±7,4	18,6 ±2,5	35,3 ±14,5	7,8 ±0,8	35,5 ±6,5	10387,5 ±2603,5	-

² Teores de acrilamida sob efeito de confidencialidade

Textura (crocância e firmeza)

Em termos de crocância (número de eventos/picos), a condição de temperatura de escaldão para o processo de ondulada girassol que obteve maior crocância é $T1(70\text{ °C}) < T2(90\text{ °C})$ e para os processos de lisa e light girassol é $T1(90\text{ °C}) > T2(70\text{ °C})$.

Em relação à firmeza (g s), para o processo de ondulada girassol observa-se um valor mais elevado para a condição $T1(90\text{ °C}) = T2(90\text{ °C})$. Para os processos de lisa e light girassol, o valor de firmeza mais elevado corresponde à condição de temperatura de escaldão $T1(90\text{ °C}) > T2(70\text{ °C})$.

Acrilamida

De acordo com os valores de referência de acrilamida ($<750\text{ }\mu\text{g/kg}$, segundo o (Regulamento (UE) 2017/2158, 2017)), as amostras analisadas demonstraram nas três condições de temperatura de escaldão resultados consentâneos. Assim, os valores mais baixos de acrilamida² são identificados na condição de temperatura de escaldão $T1(70\text{ °C}) < T2(90\text{ °C})$ para todos os tipos de processos analisados. Contudo, é no processo ondulada girassol que são observados os menores valores de acrilamida.

6.3. Efeito das velocidades das pás e do tapete do equipamento da operação de escaldão no produto acabado

O efeito das velocidades das pás e do tapete do equipamento da operação de escaldão foi analisado tendo em consideração os resultados obtidos nas análises de textura (crocância e firmeza) em cada processo produtivo.

Ondulada Girassol

No processo de ondulada girassol, comparando as duas condições de velocidades das pás e do tapete, de acordo com a figura 8, verifica-se que a velocidade $T - 0,14\text{ m/s}$ e $P - 0,06\text{ m/s}$, permite alcançar valores de crocância maiores quando as batatas são submetidas ao escaldão $T1(70\text{ °C}) < T2(90\text{ °C})$.

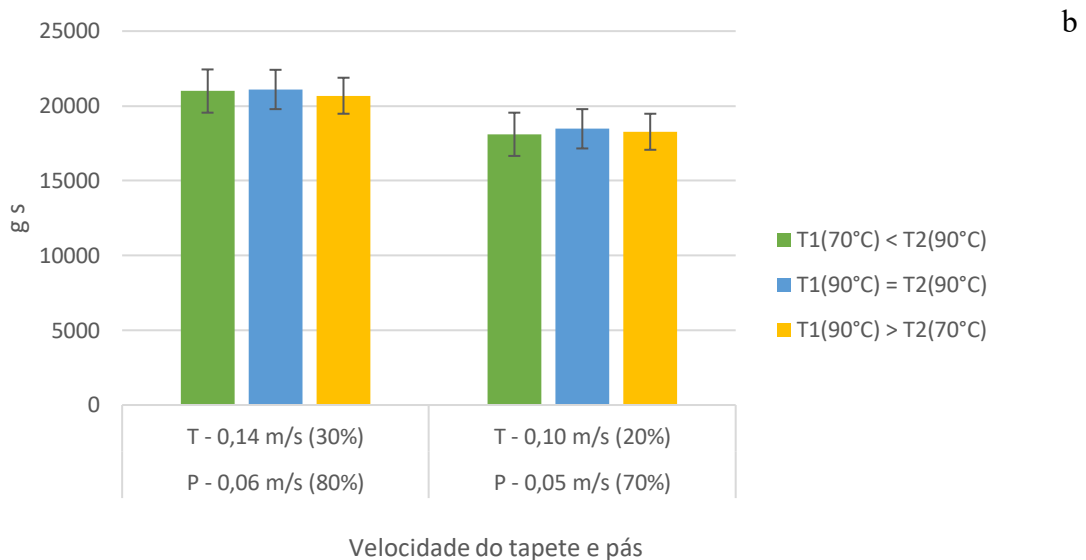
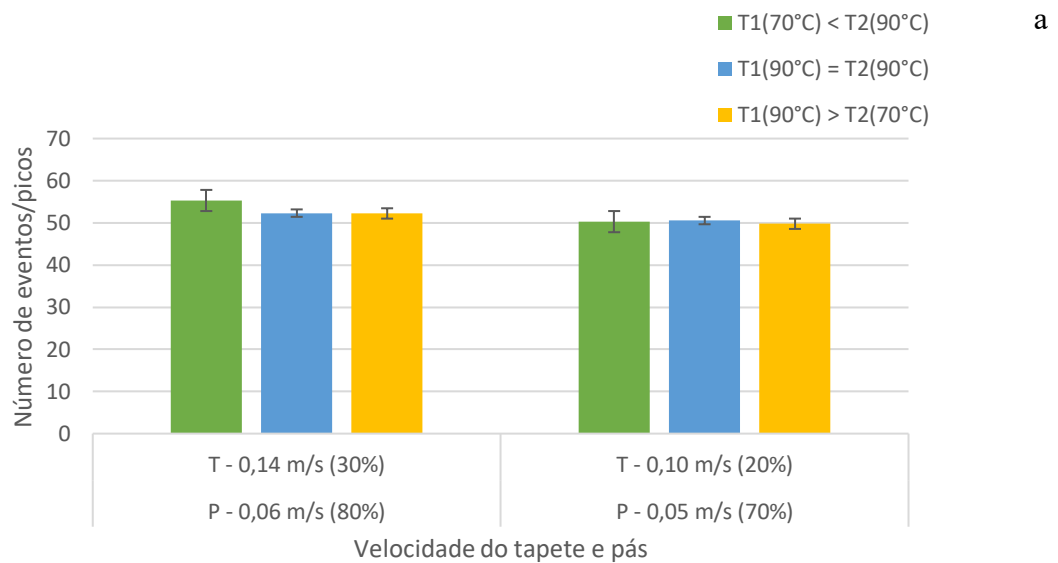


Figura 8 - Textura por velocidade do equipamento de escaldão e processo produtivo: a) Crocância; b) Firmeza (T - Tapete do equipamento de escaldão; P - Pás do equipamento de escaldão)

Lisa girassol

No processo de lisa girassol, a crocância (figura 9a) apresenta valores semelhantes para os dois tipos de velocidade, não oscilando de forma significativa os seus valores.

Em termos de firmeza (figura 9b), a velocidade T – 0,10 m/s (20%) e P – 0,05 m/s (70%) toma valores mais elevados. Podemos verificar que, na condição de temperatura T1(90 °C) = T2(90 °C), os valores apresentam diferença entre si, quando comparados os valores de cada velocidade.

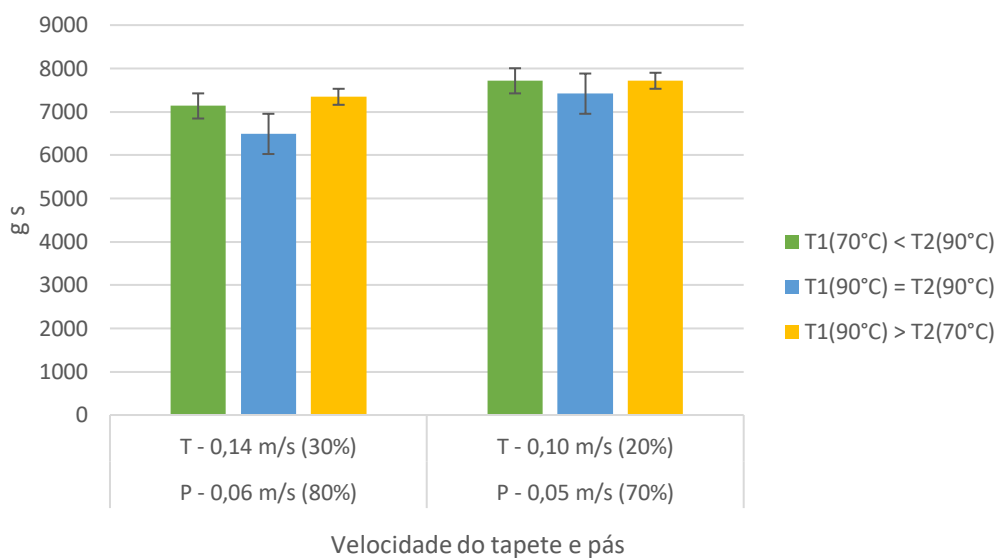
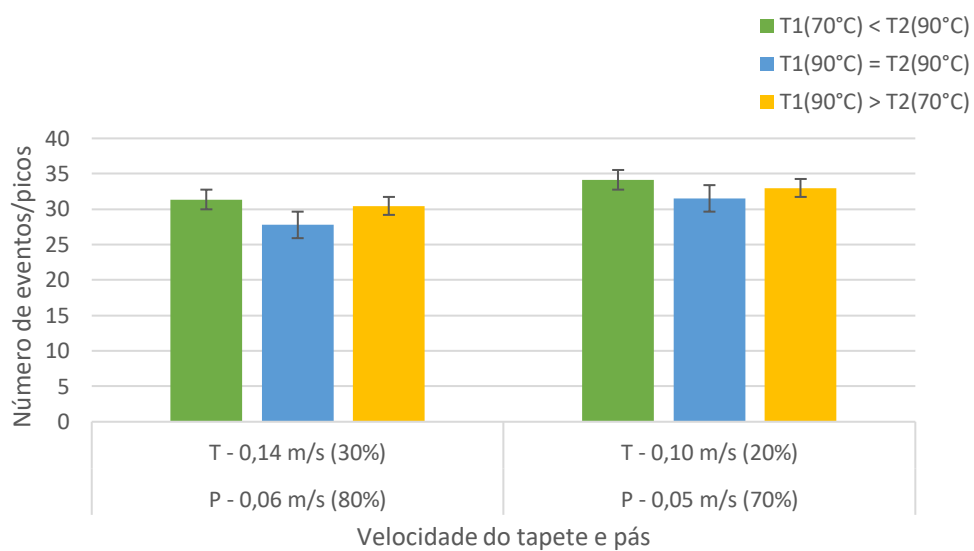


Figura 9 - Textura por velocidade do equipamento de escaldão e processo produtivo: a) Crocância; b) Firmeza (T - Tapete do equipamento de escaldão; P - Pás do equipamento de escaldão)

Light girassol

No processo de light girassol não é possível comparar os valores de textura (crocância e firmeza) entre velocidades, uma vez que este tipo de processo apenas foi submetido a uma condição de velocidade de pás e tapete do equipamento da operação de escaldão, como apresentado na figura 10. Ainda assim, verifica-se que quer a crocância quer a firmeza são substancialmente mais elevadas quando utilizadas as condições de escaldão T1(90 °C) > T2(70 °C).

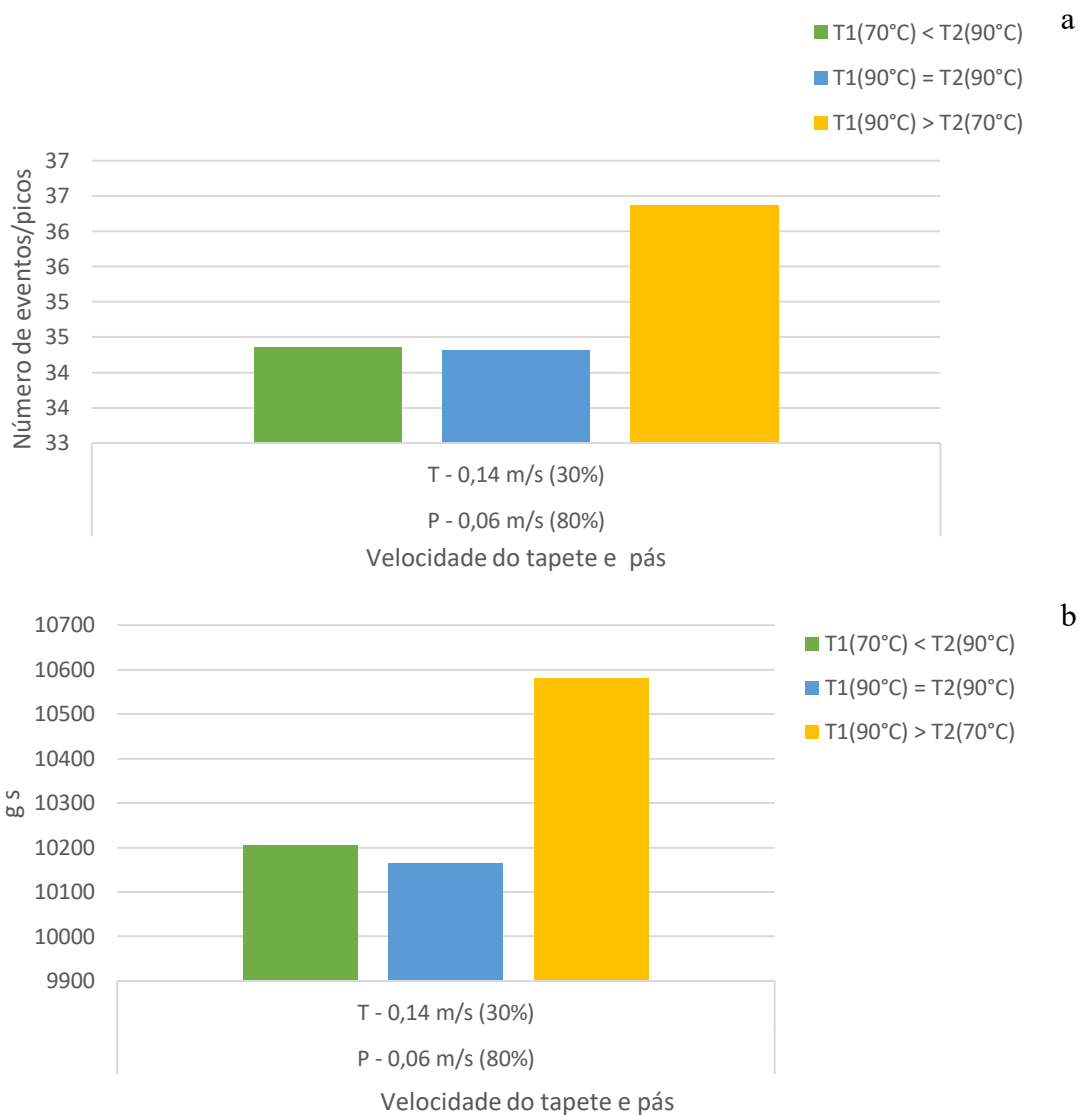


Figura 10 - Textura por velocidade do equipamento de escaldão e processo produtivo: a) Crocância; b) Firmeza (T - Tapete do equipamento de escaldão; P - Pás do equipamento de escaldão)

6.4. Efeito das temperaturas de escaldão vs. açúcares redutores e acrilamida

Os açúcares redutores da batata foram analisados antes e após a operação de escaldão. A tabela 4 mostra o teor de açúcares redutores, assim como o teor de acrilamida no produto final². O teor de açúcares redutores na batata antes de sofrer a operação de escaldão é de $2,23 \pm 0,95$ mg/mL. Após sofrer a operação de escaldão as batatas apresentam um teor de açúcares redutores cerca de 3 a 3,5 vezes menor, sendo que o tratamento de escaldão T1(70 °C) < T2(90 °C) é aquele que apresenta o menor valor, $0,64 \pm 0,15$ mg/mL.

É também no mesmo tratamento que a batata frita apresenta o teor de acrilamida² mais baixo.

Tabela 5 - Teor de açúcares redutores e de acrilamida

Condições	Açúcares redutores antes do escaldão	Açúcares redutores depois do escaldão	Acrilamida²
T1(90 °C) = T2(90 °C)	2,23±0,95	0,76±0,20	-
T1(90 °C) > T2(70 °C)		0,75±0,17	-
T1(70 °C) < T2(90 °C)		0,64±0,15	-

² Teores de acrilamida sob efeito de confidencialidade

Resumidamente, observados os resultados obtidos das análises dos parâmetros relacionados com o produto acabado, as condições de temperatura T1(90 °C) = T2(90 °C) e T1(90 °C) > T2(70 °C) são as que apresentam efeitos mais significativos na obtenção de uma produção final de maior qualidade. Contudo, a condição de temperatura de escaldão T1(90 °C) > T2(70 °C) é a que apresenta diferenças mais relevantes face à qualidade do produto final.

Conclusão

Os conteúdos abordados ao longo deste relatório descrevem as tarefas desenvolvidas, durante o estágio realizado na SIA e o conhecimento adquirido através dele, com a finalidade de avaliar e analisar o funcionamento do equipamento da operação de escaldão.

A operação de escaldão na indústria da batata frita contribui para o processo produtivo, ajudando a melhorar a qualidade do produto final. Esta operação é utilizada para melhorar a aparência da batata frita em termos de cor e da formação de acrilamida. A SIA dispõe do equipamento para a operação de escaldão, de modo a contribuir para uma oferta ao consumidor de produtos de maior qualidade e segurança alimentares.

O funcionamento do equipamento de escaldão foi analisado de acordo com três condições de temperatura a fim de avaliar o seu comportamento em parâmetros ligados com o produto final. A aparência, em termos de cor, e a textura do produto são os parâmetros mais influenciáveis pela operação de escaldão, contudo a cor do produto final também depende do teor de açúcares redutores presentes na matéria prima, que sofrem reações de Maillard e provocam a formação de acrilamida.

Com a análise feita, podemos concluir que cada tipo de processo (ondulada, lisa e light girassol) tem um comportamento distinto nos seus parâmetros característicos (aparência, inspeção de frita (kg/h e % rodelas conformes) e textura) face às condições de escaldão. Na aparência do produto final e na inspeção de frita (kg/h), a condição mais favorável é $T1(90\text{ °C}) > T2(70\text{ °C})$. A textura do produto final depende do tipo de corte utilizado, uma vez que o corte do processo de lisa e light girassol é igual e estas se comportarem, em termos de valores médios de textura, de forma idêntica na condição de temperatura mais favorável ($T1(90\text{ °C}) > T2(70\text{ °C})$). O teor de açúcares redutores após a operação de escaldão e, conseqüentemente, os valores de acrilamida no produto final apenas se destacam com valores mais promissores na condição $T1(70\text{ °C}) < T2(90\text{ °C})$ para todos os tipos de processo.

Posto isto, e tendo em consideração dos resultados observados, a solução mais promissora para a operação de escaldão, de modo a alcançar um produto com as características mais desejáveis, seria a utilização da condição $T1(70\text{ °C}) < T2(90\text{ °C})$ como

padrão. Contudo, não serão de descartar as restantes condições testadas tendo em consideração as especificidades da matéria-prima a processar, nomeadamente a variedade, extrato seco, tempo e condições de armazenamento e teor de açúcares redutores. A utilização da operação de escaldão na indústria da batata frita é uma mais-valia para a oferta de produto com qualidade por parte da empresa aos seus clientes.

Bibliografia

- ASAE. (s.d. a). Obtido em 2025, de <https://www.asae.gov.pt/perguntas-frequentes1/area-alimentar/oleos-de-fritura.aspx>
- ASAE. (s.d. b). Obtido em 05 de 2025, de <https://www.asae.gov.pt/seguranca-alimentar/riscos-quimicos/acrilamidas.aspx>
- GlobalSpec. (s.d.). Obtido em 2025, de https://www.globalspec.com/learnmore/specialized_industrial_products/food_beverage_ingredients_processing_equipment/blanchers
- Jardim, C. e. (30 de 05 de 2020). Obtido de <https://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Comida/Receitas/noticia/2020/05/batata-frita-conheca-origem-e-aprenda-6-receitas-com-o-petisco.html>
- Jorge, I. N. (2023). *Tabela da Composição de Alimentos*. Obtido em 2025, de <https://portfir-insa.min-saude.pt/#>
- Noronha. (2022). *TEXTURA*. Obtido em 05 de 2025, de http://www1.esac.pt/noronha/A.S/07_08/textura.pdf
- Pieterse, L. (01 de 02 de 2025). *A Batata: Uma Jornada pelo tempo e pelas Culturas*. Obtido em 2025, de <https://wikifarmer.com/library/pt-br/article/a-batata-uma-jornada-pelo-tempo-e-pelas-culturas>
- PorBatata. (s.d.). *Consumidor – História*. Obtido em 2025, de <https://www.porbatata.pt/consumidor/>
- Regulamento (UE) 2017/2158. (20 de 11 de 2017).
- Rodrigues, I. (2006). *Efeito de tratamentos de pressão e temperatura no abrolhamento da batata (Solanum tuberosum)*. Dissertação de mestrado, Universidade de Aveiro. Obtido em 2025
- Sruthy, G. N., Sandhya, K. R., Cr, K., & Sharma, M. (08 de 2022). Tecnologia de processamento térmico para alimentos. Obtido de https://www.researchgate.net/figure/Diagrammatic-representation-of-IQB-IQB-individual-quick-blanching_fig8_362981942

- Fellows, Peter. (2002). *Food processing technology: principles and practice*. Woodhead.
- Müller, Franz. (2000). *Agrochemicals: composition, production, toxicology, applications*. Wiley-VCH.
- Ranjan, S., Dasgupta, N., Walia, N., Thara Chand, C., & Ramalingam, C. (2017). Microwave Blanching: An Emerging Trend in Food Engineering and its Effects on *Capsicum annuum* L. In *Journal of Food Process Engineering* (Vol. 40, Issue 2). Blackwell Publishing Inc. <https://doi.org/10.1111/jfpe.12411>
- Severini, C., De Pilli, T., Baiano, A., Mastrocola, D., & Massini, R. (2001). Preventing enzymatic browning of potato by microwave blanching. *Sciences Des Aliments*, 21(2), 149–160. <https://doi.org/10.3166/sda.21.149-160>

Anexo 1 - Protocolo da determinação dos açúcares redutores por DNS

Determinação dos açúcares redutores por DNS

O método do DNS baseia-se na redução do ácido 3,5 dinitrosalicílico a ácido 3-amino-5-nitrosalicílico por oxidação dos grupos aldeído a grupos carboxílicos dos açúcares redutores como, por exemplo, a glucose e xilose, com desenvolvimento de uma cor alaranjada que absorve nos 540 nm. O DNS não reage com oligossacarídeos com 2 ou mais monossacarídeos ligados entre si.

Preparação do reagente DNS

O reagente de DNS é preparado com 5g de ácido 3,5 – dinitrosalicílico dissolvido, a quente e com agitação, em 100 ml de solução de NaOH 1M. Num outro recipiente prepara-se uma solução com 150g de tartarato duplo de sódio e potássio dissolvido em 250 ml de água destilada. Por fim, misturam-se as soluções anteriores num recipiente, com agitação constante, perfazendo o volume até 500 ml com água destilada. A solução resultante é depois guardada num frasco escuro.

Método

- Pipetar 1 ml de amostra e uma quantidade igual de solução de DNS para um tubo de ensaio;
- Agitar, tapar e levar a um banho com água a ferver durante exatamente 5 minutos;
- Retirar os tubos do banho;
- Colocar 10 ml de água destilada em cada tubo e deixar arrefecer à temperatura ambiente dentro de um recipiente com água cerca de 15 minutos;
- Fazer um branco que sofre o tratamento anterior, mas substituindo a amostra por 1 ml de água destilada;
- Fazer as leituras de absorvância a 540 nm. (Sempre que a absorvância da amostra for superior a 0,6 devem ser feitas diluições das amostras, por exemplo 1/5 (isto significa 1 ml de amostra mais 4 ml de água destilada, perfazendo um volume total de 5 ml) e aplicar novamente o método como descrito anteriormente sendo agora a solução diluída a amostra estudada).

Curva de calibração

A curva de calibração é constituída aplicando o método para diferentes concentrações de um açúcar redutor, glucose ou xilose, com concentrações entre 0 e 1 mg/ml. Para tal é feita uma solução padrão de glucose ou xilose com concentração 1 mg/ml, sendo depois efetuadas as diluições necessárias.