



DANIELA CRISTINA ANDRÉ FELISMINO
Licenciada em Bioquímica

CONTRIBUTO PARA A REDUÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE SULFITOS COMO ANTIOXIDANTE EM BATATA DE IV GAMA

MESTRADO EM TECNOLOGIA E SEGURANÇA ALIMENTAR
Universidade NOVA de Lisboa
novembro, 2021

CONTRIBUTO PARA A REDUÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE SULFITOS COMO ANTIOXIDANTE EM BATATA DE IV GAMA

DANIELA CRISTINA ANDRÉ FELISMINO
Licenciada em Bioquímica

Orientadora: Doutora Ana Luísa Almaça da Cruz Fernando,
Professora Associada, Universidade NOVA de Lisboa

Coorientador: Eng.º Délio Dias Raimundo,
Coordenador da Qualidade e Inovação, Campotec

Júri:

Presidente: Doutora Ana Lúcia Monteiro Durão Leitão,
Professora Auxiliar, FCT NOVA

Arguente: Mestre Cláudia Ferreira Pestana,
Técnica da Qualidade Campotec

Vogais: Doutora Ana Luísa Almaça da Cruz Fernando,
Professora Associada, FCT NOVA

MESTRADO EM TECNOLOGIA E SEGURANÇA ALIMENTAR

Universidade NOVA de Lisboa
novembro, 2021

Contributo para a Redução da Utilização de Sulfitos como Antioxidante em Batata de IV Gama

Copyright © DANIELA CRISTINA ANDRÉ FELISMINO, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade NOVA de Lisboa.

A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade NOVA de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.

*Dedicado a todos aqueles que mesmo
perante as adversidades não desistem
da sua educação*

AGRADECIMENTOS

Fica o meu agradecimento a todos os professores do departamento de ciências e tecnologia da biomassa por me terem acolhido e ensinado tanto nestes dois anos. Um agradecimento muito especial à minha orientadora Ana Luísa Fernando por me ter acompanhado nesta jornada e por ser tão acessível e ser sempre tão agradável trabalhar com ela.

Um agradecimento muito importante a todas as pessoas que me acolheram e me ensinaram tanto na Campotec, desde operadores, chefes e técnicos. Fico especialmente grata ao Délio, por me ter dado a oportunidade de estágio e se ter empenhado em me ajudar neste trabalho, e às responsáveis de qualidade Daniela Firmino e em especial à Cláudia Pestana, que me acolheram e me ensinaram tanta coisa.

Não posso também deixar de agradecer ao departamento de qualidade e investigação da Sonae MC, em especial à Susana Sousa por me ter incentivado a realizar este estudo e à Ana Rodrigues e ao António Santos por terem apostado em mim para integrar a sua equipa.

Por fim, o último agradecimento vai para o meu namorado, que me incentivou desde o primeiro dia do mestrado a investir nos estudos e me transmitiu força e positividade para continuar e não desistir, e para os meus pais por todos os sacrifícios que fizeram para que eu conseguisse a melhor formação possível.

Obrigada a todos. Senti-me muito acarinhada e aprendi muito com todos.

“A sabedoria para o espírito é como a comida para o corpo.”
(Textos judaicos)

RESUMO

A batata é um tubérculo comestível de elevado interesse nutricional e agrícola pois apresenta uma excelente fonte de energia e de nutrientes essenciais e é considerada uma cultura sustentável. Nos países desenvolvidos, tem vindo a ser cada vez mais consumida após mínimo processamento, chamada batata de IV gama.

Na produção deste tipo de produtos, existe a necessidade de utilizar métodos para combater o escurecimento enzimático que ocorre após o descasque e corte da batata. O método utilizado na empresa onde decorreu o presente estudo consiste na adição de um antioxidante químico ao produto - os sulfitos. Estes apresentam elevada eficácia na prevenção do escurecimento enzimático da batata de IV gama, mas apresentam alguns problemas. Podem provocar reações de hipersensibilidade em algumas pessoas em quantidades superiores a 10 mg/kg ou 10 mg/L expressos em SO₂ (dióxido de enxofre), sendo considerados alergénios, e possuem um limite máximo definido na lei de 50 mg/kg para a batata descascada.

Com este estudo pretendeu-se implementar medidas na empresa onde se produz batata de IV gama de forma a controlar o teor de sulfitos no produto final.

Para tal, realizou-se um estudo para determinar a concentração mínima de metabissulfito que deve estar na solução de tratamento antioxidante suficiente para evitar o escurecimento da batata na IV gama, e uma concentração máxima segura. Assim, foi possível definir uma gama de concentrações que devem ser utilizadas na solução de tratamento antioxidante da batata - 1000 mg/L a 2000 mg/L. Com o conhecimento desses valores procedeu-se à diminuição da quantidade de metabissulfito utilizada na empresa.

Para prevenir a ocorrência de embalagens pontuais com uma maior concentração de sulfitos no produto, realizou-se uma análise do procedimento de aplicação de antioxidante na batata para verificar se a forma como este era realizado seria a mais correta. Foi possível concluir que existiam procedimentos durante a produção que poderiam levar a que o produto final retivesse pontualmente uma quantidade excessiva deste antioxidante (baixa centrifugação, embalagem a vácuo, tempo excessivo na solução, má dissolução, preparação de solução "a olho"), tendo-se procedido a alterações do modo de realização de alguns passos da produção de modo a diminuir o risco de não conformidades e ter um maior controlo sobre a quantidade de sulfitos que ficam na batata.

Se forem seguidas as medidas implementadas com alto rigor, a quantidade de sulfitos presente no produto não excede os 10mg/kg no produto final, não sendo obrigatória a menção de que o produto contém sulfitos no seu rótulo.

Por fim, realizou-se também um estudo de possíveis alternativas à utilização de sulfitos na batata de IV gama, nomeadamente, através do estudo da eficácia de algumas opções alternativas e a viabilidade económica e técnica da sua utilização. Existem alternativas eficazes para a substituição da utilização de sulfitos em batata de IV gama, no entanto, devido à necessidade de serem utilizadas quantidades muito elevadas desses produtos e/ou devido ao seu elevado custo, não é ainda viável a sua implementação para a produção de um produto de baixo valor comercial como é o caso da batata.

Palavas chave: Batata, IV Gama, Sulfitos, Escurecimento, Antioxidantes.

ABSTRACT

Potatoes are edible tubers with high nutritional and agricultural value. They represent an excellent source of energy and essential nutrients and are considered a sustainable crop. In developed countries, potatoes have been increasingly consumed after minimal processing, in form of ready-to-eat fresh potato.

In the production of this type of products, there is a need to use methods to combat the enzymatic browning that occurs after the potato is peeled and cut. The method used in the company where the present study took place is the addition of a chemical antioxidant to the product - sulfites. These are highly effective in preventing the enzymatic browning of fresh-cut potatoes but can cause some problems. They can cause hypersensitivity reactions in some people in amounts greater than 10 mg/kg or 10 mg/L expressed in SO₂ (sulfur dioxide), being considered allergens, and have a maximum value defined of 50 mg/kg for fresh-cut potatoes.

The aim of this study was to implement measures in the company where fresh-cut potatoes are produced to control the sulfite content in the final product.

To this end, a study was carried out to determine the minimum concentration of metabisulfite that should be in the antioxidant treatment solution to prevent potato browning, and a maximum safe concentration. Thus, it was possible to define a range of concentrations that should be used in the potato antioxidant treatment solution - 1000 mg/L to 2000 mg/L. With the knowledge of these values, the amount of metabisulfite used in the company was reduced.

To prevent the existence of packages with a higher concentration of sulfites in the product, an analysis of the procedure for applying the antioxidant in the potato was carried out to verify if the way in which it was carried out would be the most correct. It was possible to conclude that there were procedures during production that could lead to the final product punctually retaining an excessive amount of this antioxidant (low centrifugation, vacuum packaging, excessive time in the solution, poor dissolution, preparation of a low amount of solution without weighting). Changes were made to the way in which some production steps were carried out in order to reduce the risk of non-conformities and to have greater control over the amount of sulfites remaining in the potato.

If the measures implemented are strictly followed, the amount of sulfites present in the product does not exceed 10mg/kg in the final product, and it is not mandatory to mention that the product contains sulfites on its label.

Finally, a study was also carried out on possible alternatives to the use of sulfites in fresh-cut potatoes, namely, their effectiveness and the economic and technical viability of their

use. There are effective alternatives for replacing the use of sulfites in fresh-cut potatoes, however, due to the need to use very high amounts of these products and/or due to their high cost, its implementation to produce a low commercial value product such as potatoes is not yet possible.

Keywords: Potato, Fresh cut, Sulfites, Browning, Antioxidants.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	IX
RESUMO.....	XIII
ABSTRACT	XV
ÍNDICE.....	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
ÍNDICE DE TABELAS	XXI
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. A BATATA.....	1
1.1.1. Características e Origem	1
1.1.2. Consumo e Cultivo	3
1.1.3. Conteúdo Nutricional	4
1.1.4. Batata na IV Gama	10
1.2. SULFITOS.....	18
1.2.1. Problemas	19
1.2.2. Alternativas	21
1.3. PROPOSTA DE ESTUDO.....	24
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
2.1. DESENHO DO ESTUDO	26
2.1.1. Análise do Procedimento de Aplicação de Antioxidante na Batata	26
2.1.2. Revisão Documental	26
2.1.3. Redução da Quantidade de Sulfitos	26
2.1.4. Eliminação da Utilização de Sulfitos	27
2.2. MÉTODOS DE ANÁLISE	28
2.2.1. Medição da Concentração de Sulfitos na Solução de Tratamento Antioxidante	28
2.2.2. Medição do Teor de Sulfitos no Produto Final	28
2.2.3. Análise sensorial (visual)	28
3. DESENVOLVIMENTO	30
3.1. REVISÃO DO PROCEDIMENTO DE APLICAÇÃO DE ANTIOXIDANTE NA BATATA	30
3.2. REVISÃO DOCUMENTAL.....	37
3.3. REDUÇÃO DA QUANTIDADE DE SULFITOS.....	37
3.3.1. Determinação da Gama de Concentrações a Utilizar	37
3.3.2. Implementação das Quantidades Adequadas.....	38

3.4.	ELIMINAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE SULFITOS.....	40
3.5.	ANÁLISE ECONÓMICA.....	44
4.	CONCLUSÃO	46
	BIBLIOGRAFIA.....	48
A.	HI3822 ESTOJO DE TESTES PARA SULFITOS	51
B.	PROCEDIMENTO DE APLICAÇÃO - ANTIOXIDANTE NA BATATA.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1 – PRODUTOS DE BATATA DE IV GAMA COMERCIALIZADOS NA EMPRESA CAMPOTEC. (A) BATATA PALITOS PARA FRITAR. (B) BATATA INTEIRA PARA COZER. (C) PREPARADO DE LEGUMES PARA CREME DE CENOURA.	12
FIGURA 1.2 – FLUXOGRAMA DE PROCESSAMENTO DE BATATA DE IV GAMA FRESCA DESCASCADA E, QUANDO APLICÁVEL, CORTADA BASEADO NO FLUXOGRAMA DESCRITO NO PLANO HACCP DA EMPRESA CAMPOTEC.	13
FIGURA 1.3 – EXEMPLOS DE PRODUTOS NÃO CONFORMES QUE DEVEM SER REJEITADOS NA ETAPA DE RECEÇÃO DE MATÉRIA-PRIMA. (A) BATATAS COM INTERIOR OCO (B) BATATAS GRELADAS (C) BATATA COM PODRIDÃO.....	13
FIGURA 1.4 – ZONA DE BAIXO RISCO ONDE OCORRE O DESCASQUE DA BATATA DE IV GAMA NA EMPRESA CAMPOTEC.	15
FIGURA 1.5 – ZONA DE ALTO CUIDADO DO PROCESSAMENTO DA BATATA. (A) MÁQUINA DE CORTE E TANQUE DE TRATAMENTO ANTIOXIDANTE DA BATATA CORTADA. (B) TANQUE DE TRATAMENTO ANTIOXIDANTE DA BATATA INTEIRA.	15
FIGURA 1.6 – TIPOS DE ESCURECIMENTO QUE DA BATATA DE IV GAMA. (A) ESCURECIMENTO CAUSADO POR FATORES ANTERIORES AO DESCASQUE/CORTE DA BATATA. (B) ESCURECIMENTO ENZIMÁTICO CAUSADO PELO CORTE/DESCASQUE DA BATATA.	17
FIGURA 3.1 - AMOSTRAS DE BATATA DE IV GAMA TRATADAS COM SOLUÇÕES COM (A) 0,8 % DE ÁCIDO ASCÓRBICO E (B) 1,8 % DE ÁCIDO ASCÓRBICO APÓS 4 DIAS EM REFRIGERAÇÃO.	42
FIGURA 3.2 - (A)(B) AMOSTRAS TRATADAS COM 5 % DE ÁCIDO ASCÓRBICO E 20 % DE ASCORBATO DE CÁLCIO APÓS 5 DIAS EM REFRIGERAÇÃO. (C) DESTAQUE PARA FLUIDOS QUE SE FORMARAM NA EMBALAGEM. ...	42
FIGURA 3.3 - (A) BATATA TRATADA COM 3 % KKPLUS APOS 1 DIA EM REFRIGERAÇÃO. (B) BATATA TRATADA COM 6 % KKPLUS APOS 1 DIA DE REFRIGERAÇÃO. (C) BATATA TRATADA COM 30 % KKPLUS APÓS 7 DIAS EM REFRIGERAÇÃO.	43
FIGURA 3.4 - BATATA TRATADA COM 8% DRYWHITE APOS 1 DIA EM REFRIGERAÇÃO.....	43

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1.1 – INFORMAÇÃO NUTRICIONAL DE MACRONUTRIENTES POR 100 G DE PARTE EDÍVEL DA BATATA CRUA E COZIDA (INSA, 2019).....	4
TABELA 1.2 – INFORMAÇÃO NUTRICIONAL DE VITAMINAS POR 100 G DE PARTE EDÍVEL DA BATATA CRUA E COZIDA (INSA, 2019).	7
TABELA 1.3 - INFORMAÇÃO NUTRICIONAL DE MINERAIS POR 100 G DE PARTE EDÍVEL DE BATATA CRUA E COZIDA (INSA, 2019).	7
TABELA 3.1 – CONCENTRAÇÃO DE SULFITOS NA SOLUÇÃO DE TRATAMENTO ANTIOXIDANTE PREPARADA COM A ADIÇÃO DE METABISSULFITO DIRETAMENTE NO TANQUE. MEDIÇÕES REALIZADAS DURANTE A PRODUÇÃO, COM INDICAÇÃO DA QUANTIDADE DE BATATA JÁ PRODUZIDA (MERGULHADA NA SOLUÇÃO), DETERMINADAS COM O KIT HANNA.	31
TABELA 3.2 - CONCENTRAÇÃO DE SULFITOS NA SOLUÇÃO DE TRATAMENTO ANTIOXIDANTE PREPARADA COM A DISSOLUÇÃO PRÉVIA DO METABISSULFITO EM BALDE ANTES DA SUA ADIÇÃO NO TANQUE. MEDIÇÕES REALIZADAS DURANTE A PRODUÇÃO, COM INDICAÇÃO DA QUANTIDADE DE BATATA JÁ PRODUZIDA (MERGULHADA NA SOLUÇÃO), DETERMINADAS COM O KIT HANNA.	32
TABELA 3.3 - CONCENTRAÇÃO DE SULFITOS EM BATATA COM DIFERENTES TEMPOS DE PERMANÊNCIA NA SOLUÇÃO DE TRATAMENTO ANTIOXIDANTE. MEDIÇÕES REALIZADAS POR LABORATÓRIOS EXTERNOS, SEGUNDO O MÉTODO DE MONIER-WILLIAMS.	34
TABELA 3.4 - CONCENTRAÇÃO DE SULFITOS EM PRODUTO FINAL CENTRIFUGADO EM LINHA (NA CENTRIFUGA PRÉ-PROGRAMADA) OU MANUAL (NA CENTRIFUGA SEM PROGRAMA DE TEMPO DEFINIDO) DURANTE 5 SEGUNDOS.	35
TABELA 3.5 - CONCENTRAÇÃO DE SULFITOS EM BATATA PRODUZIDA NAS MESMAS CONDIÇÕES COM OU SEM PRÉ-LAVAGEM. ANÁLISES REALIZADAS NO ÚLTIMO DIA DA VALIDADE POR LABORATÓRIOS EXTERNOS SEGUNDO O MÉTODO DE MONIER-WILLIAMS.	35
TABELA 3.6 - CONCENTRAÇÃO DE SULFITOS EM BATATA PRODUZIDA NAS MESMAS CONDIÇÕES COM OU SEM EMBALAMENTO A VÁCUO. ANÁLISES REALIZADAS NO ÚLTIMO DIA DA VALIDADE POR LABORATÓRIOS EXTERNOS SEGUNDO O MÉTODO DE MONIER-WILLIAMS.	36
TABELA 3.7 - CONCENTRAÇÃO DE SULFITOS (MG/L) DA SOLUÇÃO DE TRATAMENTO ANTIOXIDANTE AO LONGO DA PRODUÇÃO DE BATATA DE IV GAMA COM INDICAÇÃO DA QUANTIDADE DE ANTIOXIDANTE ADICIONADA AO TANQUE E DA QUANTIDADE DE BATATA JÁ MERGULHADA NA SOLUÇÃO.	39
TABELA 3.8 - CONCENTRAÇÃO DE SULFITOS NA SOLUÇÃO DE TRATAMENTO ANTIOXIDANTE NO TANQUE DE TRATAMENTO DE INTEIROS EM MG/L COM REFORÇOS SUCESSIVOS DE 0,1 KG DE ANTIOXIDANTE SEM TRATAMENTO DE BATATA ENTRE AS ADIÇÕES.....	40

INTRODUÇÃO

1.1. A Batata

1.1.1. Características e Origem

A batata consiste num tubérculo comestível de uma planta perene da família das solanáceas, a batateira (*Solanum tuberosum* L.). O género *Solanum* pertence à família *Solanaceae* e contém mais de 2 mil espécies, entre as quais a batata, o tomate e a beringela. Cerca de 150 dessas espécies produzem batatas (Ávila et al., 1999). Para além de todas essas, atualmente existem também espécies de batata que possuem no seu genoma características adquiridas por meio de cruzamentos artificiais, com o objetivo de alterar algumas das suas características como a sua resistência a pragas e doenças, como *S. demissum*, *S. chacoense* e *S. phureja* (Ávila et al., 1999).

Todas as variedades de batata que existem no mundo descendem de uma única, originária da Cordilheira dos Andes, perto do Lago Titicaca, onde já era consumida pelas populações nativas Incas há mais de 10 000 anos, e o seu cultivo foi domesticado há mais de 8 000 anos (Ávila et al., 1999; Camire et al., 2009; “Porbatata - Associação da Batata de Portugal,” 2016). Era tradicionalmente nessa zona muito utilizada para produzir chuño através da sua secagem por liofilização. O chuño era depois usado em muitas sopas e guisados e continua a ser consumido nos Andes até hoje (Camire et al., 2009). A sua produção poderá ser considerada a primeira forma de processamento da batata que permitia aumentar o seu tempo de conservação.

A batata demorou a ser disseminada a outras partes do mundo, tendo chegado à Europa apenas no século XVI, por volta de 1570, transportada pelos navegadores espanhóis e portugueses (Ávila et al., 1999; Camire et al., 2009). Nessa altura não foi bem recebida pelos consumidores europeus devido ao seu aspeto rústico. Este tubérculo foi tão desprezado que foi acusado de ser maléfico e de dar poder às bruxas, uma vez que não vinha citado na Bíblia. Gerou-se também o mito de que este alimento causava lepra, devido ao seu aspeto ser considerado semelhante às mãos de um leproso, e até mesmo os médicos da época consideravam-na indigesta e desenxabida (“Porbatata - Associação da Batata de Portugal,” 2016). Era apenas utilizada para alimentação de animais e nas lon-

gas viagens dos navegadores pelo mundo, o que ajudou a disseminar a batata em geografias tão longínquas quanto a Índia, a China e o Japão e a combater a incidência de escorbuto nos marinheiros devido ao seu conteúdo em vitamina C (Camire et al., 2009; “Porbatata - Associação da Batata de Portugal,” 2016). Por volta de 1620, chegou à América do Norte (Ávila et al., 1999).

Este tubérculo apenas começou a ser vastamente consumido na Europa no século XVIII, devido a sucessivas crises alimentares e períodos de fome e escassez de alimentos (“Porbatata - Associação da Batata de Portugal,” 2016). O agricultor e cientista francês Antoine Augustin Parmentier foi considerado o grande responsável pela disseminação do cultivo da batata em França e nos países a Ocidente, depois de ter sido feito prisioneiro e alimentado diariamente com batatas no seu cativeiro. Ao ser libertado, publicou uma série de estudos que revelavam os altos níveis nutritivos da batata e convenceu o rei de que este alimento poderia solucionar os problemas alimentares do povo francês (“Porbatata - Associação da Batata de Portugal,” 2016).

A difusão do cultivo e do consumo da batata revolucionou então a Europa (“Porbatata - Associação da Batata de Portugal,” 2016). Para além de ser nutricionalmente rica, a batata demonstrou também ter uma grande produtividade, sendo facilmente cultivável e tendo um grande rendimento por área quando comparada com outras culturas, e uma maior densidade calórica, tendo sido capaz de duplicar a disponibilidade alimentar europeia (Camire et al., 2009; “Porbatata - Associação da Batata de Portugal,” 2016).

Em Portugal, a batata foi inicialmente cultivada em meados do século XVIII também, em regiões como Trás-os-Montes, Minho e Beiras. No entanto, apenas foi mais divulgada no início do século seguinte com as invasões napoleónicas, com os soldados franceses a trazerem batata nas suas provisões (“Porbatata - Associação da Batata de Portugal,” 2016). Em 1876, o livro de culinária “Arte de Cozinhar”, de João da Mata, introduziu a batata nas mais variadas receitas, tornando-a indispensável à gastronomia portuguesa (“Porbatata - Associação da Batata de Portugal,” 2016).

A disseminação do consumo da batata levou a um crescimento de 65% da população na Europa Ocidental. Melhor alimentados, mais férteis e mais resistentes a doenças, os países europeus encontraram as condições necessárias para o arranque da Revolução Industrial (“Porbatata - Associação da Batata de Portugal,” 2016).

A batata tornou-se de facto tão importante para a alimentação das populações que a sua ausência se revelou fatal entre 1845 e 1849 quando se deu a fome da batata irlandesa. Nessa época, a população irlandesa passou sérias dificuldades e não tinha alimentos suficientes para suprimir as suas necessidades nutricionais devido a um fungo que atacou as culturas de batata e as destruiu a todas, não havendo disponibilidade deste tubérculo (Robertson et al., 2018). Este fenómeno demonstrou a grande importância que a batata ganhou na alimentação das populações europeias, tendo-se mesmo tornado numa cultura indispensável.

1.1.2. Consumo e Cultivo

Após todo este percurso, o consumo mundial de batata tem continuado a aumentar e esta é hoje uma das principais bases da alimentação humana mundial ("Porbatata - Associação da Batata de Portugal," 2016). Tornou-se mesmo no tubérculo mais popular do mundo, ocupando o terceiro lugar entre os alimentos cultivados mais consumidos, superada apenas pelo trigo e arroz, tendo ultrapassado recentemente o milho (Ávila et al., 1999; Camire et al., 2009; "Porbatata - Associação da Batata de Portugal," 2016). Apesar da sua produção ser em menor quantidade, a batata possui um papel mais direto na alimentação humana mundial que o milho, pois grande parte da produção deste é depois utilizada para produzir derivados como xarope de glucose e frutose, na alimentação animal e noutras aplicações a nível industrial (Robertson et al., 2018).

A produção e consumo de batata nos países desenvolvidos tem vindo a diminuir ligeiramente nos últimos anos, mas nos países em desenvolvimento tem aumentado para o dobro (Camire et al., 2009), o que tem resultado num aumento mundial da sua produção e consumo, e tudo indica que o consumo da batata continuará a aumentar nos próximos anos devido ao crescimento do seu consumo nos países em desenvolvimento derivado da sua facilidade em ser produzida e do seu elevado conteúdo energético comparativamente com outros cultivos (FAO, 2008). Em países desenvolvidos como o Reino Unido, o consumo de batata tem vindo a diminuir devido a alterações nas preferências alimentares (Robertson et al., 2018). Este decréscimo foi explicado pelo aumento do rendimento das famílias mas também devido a uma tendência para consumir menos alimentos ricos em hidratos de carbono pois têm sido associados a aumento de peso e consequente aparecimento de doenças crónicas como a diabetes (Robertson et al., 2018). No entanto, as dietas baixas em hidratos de carbono têm mostrado resultados conflituosos (Robertson et al., 2018).

A batata pode ainda ser considerada uma cultura sustentável devido às suas necessidades de área de terreno, água e energia. Uma tonelada de batata requiere para a sua produção apenas 0,06 ha de terreno, enquanto o arroz e trigo requerem 0,24 e 0,35 ha de terreno, respetivamente. Adicionalmente, a energia produzida por litro de água gasto na rega da batata é maior. Além do mais, a batata tem menor pegada carbónica que o trigo e arroz (Robertson et al., 2018).

As batatas são atualmente cultivadas em cerca de 160 países, em mais de 4 000 cultivares (Camire et al., 2009). Os maiores produtores mundiais de batata em 2007 incluíam a China, a Federação Russa e a Índia, mas alguns países europeus constavam também em 2016 no top 12 dos maiores produtores mundiais de batata como por exemplo a Alemanha e a França (Camire et al., 2009; Robertson et al., 2018).

Vários países europeus estão também no top 10 de 2013 de maiores consumidores de batata per capita, como por exemplo o Reino Unido e a Bielorrússia (Robertson et al., 2018).

Em 2008 terá sido celebrado o ano internacional da batata (FAO, 2008). Durante este evento a FAO terá realçado a importância da batata em assegurar que existem alimentos

disponíveis para toda a população mundial e na redução da pobreza e desnutrição em muitas partes do mundo (Robertson et al., 2018).

Em 2019, a produção mundial de batata foi de 370 milhões de toneladas, tendo sido em Portugal produzidas 490 mil toneladas (FAO, 2019). A batata tem vindo a contribuir cada vez mais para assegurar que existem alimentos disponíveis para toda a população, tendo um papel crítico no combate à fome em países em desenvolvimento (Camire et al., 2009) muito devido ao seu baixo custo de produção. Isso leva, no entanto, a que a batata seja um vegetal vendido a baixo preço, o que pode colocar um entrave ao investimento em novas tecnologias para o seu processamento.

1.1.3. Conteúdo Nutricional

Quanto ao seu conteúdo nutricional, apesar de ser normalmente associada a uma fonte de apenas hidratos de carbono, a batata é também rica em muitos outros macro e micronutrientes (Ávila et al., 1999; Camire et al., 2009; Campos e Ortiz, 2019). Esse conteúdo varia no entanto com variados fatores, nomeadamente com a cor da sua polpa (Campos e Ortiz, 2019). No entanto, neste trabalho será detalhada principalmente a informação nutricional da batata de polpa branca, que é a mais consumida em Portugal e aquela onde se vão centrar estes estudos pois é o tipo onde tipicamente se realiza a aplicação de sulfitos como antioxidantes para evitar o seu escurecimento.

Quanto à sua composição em macronutrientes, a batata é, como já foi referido, uma grande fonte de hidratos de carbono mas contém também uma quantidade elevada de proteínas de elevada qualidade e alguma fibra, como se pode ver na tabela 1 (Ávila et al., 1999; Camire et al., 2009; Campos e Ortiz, 2019; INSA, 2019).

Tabela 1.1 – Informação nutricional de macronutrientes por 100 g de parte edível da batata crua e cozida (INSA, 2019).

Informação Nutricional por 100g de parte edível	Batata Crua	Batata Cozida
Energia (kcal)	90	87
Energia (kJ)	382	368
Lípidos (g)	0	0
Hidratos de carbono (g)	19,2	18,5
Açúcares (g)	1,2	1,2
Amido (g)	18	17,3
Fibra (g)	1,6	1,6
Proteínas (g)	2,5	2,4
Sal (g)	0	0,3
Água (g)	76	77

Os valores energéticos enunciados na tabela 1 são de 87 kcal por 100g para a batata cozida (INSA, 2019). Comparando com o valor energético de outros produtos hortícolas, a batata pode ser considerada um vegetal de elevado valor calórico, o que, juntamente com a sua elevada produtividade, faz deste tubérculo uma boa solução para alimentar populações com baixa disponibilidade de alimentos. No entanto, este valor energético não possui um valor preocupante quando comparado com os alimentos altamente processados que são consumidos pelas populações de países desenvolvidos, não sendo o seu consumo sem adição de óleos uma preocupação para a prevalência da obesidade nessas populações. A batata possui também um balanço adequado de proteína e energia: quem consome batata suficiente para suprimir as suas necessidades energéticas recebe também uma quantidade significativa de proteína, o que é muito relevante para a alimentação das populações de países em desenvolvimento com dificuldade no acesso a alimentos ricos neste macronutriente (Ávila et al., 1999).

Observando a tabela 1.1, confirma-se então que as batatas cozinhadas são uma boa fonte dietética de hidratos de carbono. Estes compõem cerca de 75% da matéria seca total do tubérculo, sendo o macronutriente presente em maior quantidade (Camire et al., 2009). Como se pode também ver na tabela, o hidrato de carbono presente em maior quantidade na batata é o amido.

Apesar de ser o hidrato de carbono predominante na batata, o teor em amido varia consoante o cultivar. No geral, a batata fresca contém cerca de 20% de matéria seca, da qual entre 60 e 80% é amido, do qual 70 a 80% é amilopectina. Estas variações devem-se principalmente a diferenças no seu genótipo e ambiente de cultivo (Robertson et al., 2018), mas o fator que mais influencia o teor de amido na batata é o tipo de maturação. Os cultivares que amadurecem tarde tendem a produzir batatas com mais amido quando comparados com cultivares que amadurecem cedo. A genética também tem influência, e as batatas nativas têm mais amido resistente, ou seja, amido que não é digerido, e se insere, portanto, na categoria da fibra dietética (Camire et al., 2009).

Quando a batata é cozinhada, o seu amido torna-se muito mais digerível. A qualidade do amido presente na batata cozinhada tem impacto na saúde devido à razão amilose: amilopectina e ao seu grau de fosforilação. A estrutura ramificada da amilopectina permite uma maior digestibilidade que a estrutura linear da amilose, o que leva a uma resposta glicémica maior. Nutricionalmente, uma proporção maior de amido resistente (digerível mais lentamente), mais rico em amilose, é considerado vantajoso pois fornece benefícios para a saúde semelhantes aos da fibra fermentável. O fósforo ligado covalentemente ao amido da batata está presente em níveis maiores (0,08%) que em amidos de outras plantas (0,02% no milho) e é importante pois também leva à redução da digestibilidade do amido (Camire et al., 2009).

Quanto a outros hidratos de carbono presentes na batata, a sucrose é o dissacárido maioritário enquanto a glucose e a frutose são os monossacarídeos maioritários. O equilíbrio entre os açúcares livres e o amido muda durante o armazenamento dos tubérculos e pode depois ter impacto no seu processamento (Camire et al., 2009).

Quanto ao seu conteúdo em proteína, comparando com outras fontes de vegetais crus, as batatas não são tipicamente consideradas uma boa fonte de proteína dietética devido ao seu conteúdo geralmente baixo neste macronutriente, que varia de 2-3 g/100g (Camire et al., 2009; Robertson et al., 2018). No entanto, o seu teor em proteína é superior ao de outras raízes, tubérculos e de cereais (Ávila et al., 1999; Camire et al., 2009). Assim, a ingestão de 100g de batata cozida consegue suprimir até 13% da necessidade diária de proteína recomendada para crianças e até 7% para adultos (Ávila et al., 1999). Nos países desenvolvidos a ingestão média diária de batata permite suprimir 4% do valor recomendado de ingestão diário para adultos (Robertson et al., 2018). Para além disso, a proteína presente na batata é de elevada qualidade, tendo um excelente valor biológico (90-100) quando comparada por exemplo com o ovo (100), soja (84) e feijão (73) (Camire et al., 2009). A lisina está em maior nível quando comparada com proteínas de cereais e os outros aminoácidos com enxofre (metionina e cisteína) estão em níveis mais baixos. Têm vindo ainda a ser desenvolvidas variantes de batata geneticamente modificadas para produzirem mais proteína que as comuns (Camire et al., 2009).

A patatina é a proteína de armazenamento maioritária na batata e representa um alérgeno para algumas pessoas. O seu poder alérgico é, no entanto, significativamente reduzido pelo aquecimento. A segunda proteína maioritária a seguir à patatina consiste num grupo de diversas proteínas de baixo peso molecular que inibem as proteases do tipo Kunitz e outras enzimas (Camire et al., 2009).

A fibra dietética consiste num grupo de compostos heterogéneos, na sua maioria polissacáridos e oligossacáridos. Estes compostos não são digeridos no intestino delgado e passam para o intestino grosso onde são fermentados pelo microbioma intestinal. A sua fermentação leva à produção de compostos como ácidos gordos de cadeia curta que podem ter efeitos benéficos na saúde do hospedeiro (Robertson et al., 2018). Esta fibra não é digerida, mas pode ter um papel benéfico na redução dos níveis de colesterol (Camire et al., 2009). A fibra presente na batata consiste principalmente em amido resistente e também em quantidades mais pequenas de polissacáridos não amiláceos como celulose, hemicelulose, lenhina e pectina (Robertson et al., 2018). O conteúdo em fibra dietética representa uma porção pequena do peso da batata, pois a sua maioria encontra-se presente nas paredes celulares, especialmente as mais grossas da epiderme (casca), que não é por norma consumida (Camire et al., 2009).

A quantidade de lípidos presente na batata é muito baixa quando esta é confeccionada sem utilizar óleos e gorduras, tendo geralmente valores nulos (INSA, 2019; Robertson et al., 2018).

Quanto aos micronutrientes, as batatas são bens alimentares que contêm uma quantidade considerável de vitaminas e minerais (Ávila et al., 1999; Camire et al., 2009; Campos e Ortiz, 2019).

Como apresentado na tabela 1.2, a vitamina C (ácido ascórbico) é aquela que se encontra em maior quantidade (INSA, 2019). Esta é essencial para a boa saúde humana porque é necessária para que ocorra a absorção de ferro, um mineral que tende a ser limitante na dieta humana. O teor de vitamina C na batata pode chegar aos 145 mg por

100 g de peso seco, dependendo do cultivo, do local de plantação e das condições de armazenamento (Camire et al., 2009). Contém também uma quantidade considerável de algumas vitaminas do complexo B, especialmente niacina e tiamina e também ácido fólico e riboflavina, e as batatas podem ser descritas como uma boa fonte dietética de piridoxina (vitamina B6) (Ávila et al., 1999; Camire et al., 2009; INSA, 2019).

Tabela 1.2 – Informação nutricional de vitaminas por 100 g de parte edível da batata crua e cozida (INSA, 2019).

Valores por 100g de parte edível	Batata Crua	Batata Cozida
Vitamina C [mg]	14	11
Niacina (vitamina B3) [mg]	1,4	1,3
Equivalentes de niacina (vitamina B3) [mg]	2	1,9
Tiamina (vitamina B1) [mg]	0,21	0,18
Folatos (ácido fólico/vitamina B9) [µg]	35	21
Riboflavina [mg]	0,02	0,02
Piridoxina (vitamina B6) [mg]	0,44	0,38
alfa-tocoferol (vitamina E) [mg]	0,06	0,06

Como se pode verificar na tabela 1.3, os minerais presentes em maior concentração na batata crua incluem o potássio, o fósforo e o cálcio (Camire et al., 2009). A batata é, portanto, considerada uma fonte razoável de ferro, boa fonte de fósforo e magnésio e ótima fonte de potássio (Ávila et al., 1999). O seu baixo conteúdo em sódio faz com que seja adequada para dietas com baixo teor em sal, no entanto, como se pode averiguar nas tabelas 1 e 3, durante a sua confeção existe a tendência para se adicionar cloreto de sódio em quantidades relativamente elevadas (Ávila et al., 1999; INSA, 2019).

Tabela 1.3 - Informação nutricional de minerais por 100 g de parte edível de batata crua e cozida (INSA, 2019).

Valores por 100g de parte edível	Batata Crua	Batata Cozida
Cinza [g]	0,74	0,66
Sódio [mg]	9	100
Potássio [mg]	450	370
Cálcio [mg]	9	9
Fósforo [mg]	42	38
Magnésio [mg]	13	13
Ferro [mg]	0,2	0,2
Zinco [mg]	0,2	0,2

Para além de terem um conteúdo alto nos minerais enunciados, estes têm também uma melhor biodisponibilidade quando comparamos a batata com outros vegetais, pois esta possui níveis baixos de ácido fítico, um antinutriente que forma complexos não absorvíveis com minerais chave como o zinco e ferro (Camire et al., 2009).

Os níveis de minerais e vitaminas variam, no entanto, muito com o cultivo e com a espécie de batata (Camire et al., 2009). As batatas de casca vermelha, por exemplo, tendem a ter níveis mais elevados de ferro. A melhoria da reprodução e o uso de fertilizantes com minerais são meios que estão a ser aplicados para aumentar o conteúdo mineral das batatas (Camire et al., 2009).

O método de confeção leva também a perdas de micronutrientes deste tubérculo. A cozedura, por exemplo, leva a perda de vitaminas e minerais solúveis em água, mas esta perda pode ser minimizada quando a batata é cozida com casca, quando a superfície exposta é menor e quando o tempo de cozedura é também menor (Robertson et al., 2018).

As batatas, assim como outros vegetais, contêm ainda outros componentes com efeito na saúde humana. Os fitoquímicos são produtos secundários do metabolismo das plantas, muitos dos quais têm implicação na saúde humana como antioxidantes (Camire et al., 2009; Robertson et al., 2018; Andrade et al., 2021; Barbosa et al., 2020; Maurício et al., 2020; Souza et al., 2018 a e b, 2019). Estes variam em quantidade e composição entre os cultivos de batata (Camire et al., 2009). A batata, principalmente de polpa branca, é um vegetal com quantidades geralmente baixas de fitoquímicos. No entanto, quando se considera a quantidade consumida, conclui-se que este é o vegetal que tem a maior contribuição para a ingestão destes compostos (Robertson 2018).

Um exemplo de compostos fitoquímicos presentes na batata são os pigmentos carotenoides lipossolúveis. Os seus derivados mais abundantes na batata são as xantofilas (Camire et al., 2009). Dois destes pigmentos, presentes em baixa concentração em batatas cultivadas (β -caroteno e luteína), desempenham um papel importante na saúde ocular (Camire et al., 2009; Robertson et al., 2018). A reprodução pode aumentar o conteúdo em carotenoides, pois as espécies selvagens podem conter estes pigmentos em concentrações mais elevadas (Camire et al., 2009).

A batata contém também antioxidantes que podem contribuir para a prevenção de doenças degenerativas e relacionadas com o envelhecimento. O teor nestes compostos é, no entanto, maior em batatas de polpa amarela, roxa e vermelha (Campos e Ortiz, 2019).

A batata também contém glicoalcalóides, que em concentrações elevadas podem ser tóxicos para humanos, mas em concentrações baixas podem ter efeitos benéficos como a inibição do crescimento de células cancerígenas (Campos e Ortiz, 2019).

Os ácidos fenólicos e polifenóis são fitoquímicos que também desempenham um papel importante na saúde da planta, nas propriedades de confeção, e na saúde humana (Pascoal et al., 2015; Pires et al., 2018; Severo et al., 2021). O ácido clorogénico é o composto fenólico predominante na batata e em outras espécies solanáceas como a beringela, mas estão também presentes a catequina, ácido cafeico, ácido ferúlico, ácido gálico e

malvidina. A atividade antioxidante total está correlacionada com o conteúdo de polifenóis total (Camire et al., 2009).

As antocianinas são pigmentos vermelhos, azuis e roxos que podem ser encontrados na pele e polpa de alguns cultivos de batata. São importantes para a saúde humana, contribuindo com importantes propriedades antioxidantes (Rodrigues et al., 2021). Geralmente, cultivos com grandes níveis de antocianinas têm baixo nível de carotenoides e vice versa, no entanto esforços na reprodução têm permitido ultrapassar esta correlação inversa (Camire et al., 2009).

A batata contém também alguns tóxicos naturalmente presentes e alergénios, como o caso da patatina já mencionada. Os glicoalcalóides são compostos azotados presentes nas batatas e outros membros da família *Solanaceae*. Os principais glicoalcalóides na batata são o α -chaconina e α -solanina. A razão destes compostos varia e estes estão localizados na casca. O conteúdo em glicoalcalóides das batatas deve ser controlado devido a preocupações acerca dos efeitos destes compostos na saúde humana. A clorofila e os glicoalcalóides acumulam-se ambos na casca da batata na presença de luz, logo, estes compostos estão geralmente presentes nas partes verdes da batata (Camire et al., 2009).

As lectinas são glicoproteínas que ligam a quitina e desempenham um papel de proteção das plantas e são outro tipo de compostos que, tal como a patatina, podem ser responsáveis por reações de hipersensibilidade, neste caso não alérgica, de alguns consumidores às batatas. A alergia a batata aparenta, no entanto, ser relativamente incomum (Camire et al., 2009).

Tal como outros produtos vegetais, a composição nutricional das batatas é afetada por diferentes condições antes da colheita (ambientais, práticas culturais, maturação na colheita, stress biótico e abiótico, etc.) e após a colheita (processamento, armazenamento, transporte, confeção, etc.) (Campos e Ortiz, 2019). Para calcular a contribuição nutricional da batata na dieta deve ser considerada a sua composição após a confeção. O armazenamento das batatas também influencia no seu conteúdo nutricional. As batatas frescas são armazenadas por norma em temperaturas de 6-10°C, bem ventiladas, no escuro e em ambiente húmido. Armazenar as batatas a temperaturas baixas previne o aparecimento de rebentos, mas aumenta o conteúdo em açúcares redutores, o que provoca escurecimento quando se fritar a batata devido a reações de Maillard e aumenta também a quantidade de acrilamida formada. Os micronutrientes que mais diminuem o seu teor durante o armazenamento são as vitaminas C e B6 e este também diminui um pouco a quantidade de polifenóis (Robertson et al., 2018).

Apesar de toda a informação disponível acerca da riqueza nutricional da batata e do seu elevado consumo, muitos consumidores desconhecem os atributos nutricionais promotores de saúde destes tubérculos. O seu valor nutricional pode ser facilmente ignorado, pois esta nem é considerada na recomendação de consumo de cinco frutas e vegetais diários e é muitas vezes confeccionada com gorduras e óleos, levando à crença generalizada de que as batatas são elevadas em calorias e gordura quando comparadas com

outras fontes de hidratos de carbono como arroz ou massa, o que é uma assunção incorreta visto que a batata tem uma quantidade de gordura negligenciável. Assim, esforços de educação e investigação estão em andamento para converter os consumidores para os benefícios da batata e produtos derivados, pretendendo-se levar ao aumento do seu consumo em países em desenvolvimento e a uma inversão da tendência para consumir menos batata que se tem observado em países desenvolvidos, estimulando o seu consumo principalmente quando confeccionada sem adição de gordura e óleos em excesso (Camire et al., 2009; Robertson et al., 2018).

1.1.4. Batata na IV Gama

Em Portugal, existem diversas formas de comercializar batata para o consumo humano. De acordo com o seu grau de maturação e tempo de armazenamento, as batatas são normalmente comercializadas com as denominações:

- Batata primor ou fresca, quando esta é colhida antes da sua completa maturação fisiológica, comercializada imediatamente após o seu arranque e cuja pele se retira por simples fricção, excluindo-se a batata primor destinada à transformação industrial;
- Batata nova, quando esta é colhida após a sua completa maturação fisiológica e colocada no mercado, no primeiro ponto de venda, até 15 dias após a sua colheita e mantém as suas características até 30 dias após a sua colheita;
- Batata de conservação, quando esta é colhida após a sua plena maturação fisiológica, apta para ser comercializada depois de um período mais ou menos prolongado de armazenamento e/ou conservação, sem perda das suas qualidades organoléticas (“Decreto-Lei 78/2020,” 2020, “Decreto-Lei n.º 14/2016,” 2016).

Como já foi referido, o consumo de batata nos países desenvolvidos tem vindo a diminuir ligeiramente. O modo de vida mais acelerado que a sociedade leva hoje em dia leva a que exista menor tempo para preparar alimentos. No entanto, os consumidores procuram alimentos frescos e pouco processados pois acreditam que estes são menos prejudiciais para a sua saúde. Por isso mesmo, o consumo de produtos hortícolas prontos a comer (descascados e previamente lavados), chamados de produtos de IV gama, tem vindo a aumentar nos últimos anos, pois são uma alternativa alimentar rápida de preparar, mas pouco processada. As batatas não são exceção, sendo por vezes vendidas frescas já descascadas e cortadas no formato pretendido para a confeção (rodela, palitos, etc.).

Para a produção industrial de batata de IV gama, os requisitos necessários à sua comercialização são definidos segundo as unidades industriais e a sua finalidade. A batata comercializada desta forma é chamada de batata de indústria e é produzida especificamente para o processamento industrial, obedecendo a contratos entre o produtor e a unidade industrial em que são pré-definidas as condições de escoamento, variedades,

parâmetros de qualidade e características organoléticas, consoante o fim a que se destina e as exigências da própria indústria. As batatas de indústria podem ser destinadas a preparados embalados e já prontos a cozinhar, e podem ser frescas e minimamente processadas (batatas de IV Gama), mas também pré-cozinhadas, congeladas, cozinhadas (fritas), fécula, para refeições já prontas a comer e outros fins industriais (“Porbatata - Associação da Batata de Portugal,” 2016).

Cada indústria define os requisitos necessários para obter um bom produto final. Na IV gama, em que as batatas são comercializadas frescas prontas a cozinhar, estas podem possuir vários destinos finais (para fritar, para assar no forno, para fazer sopa, para cozer, etc.). Dependendo do objetivo a que se destinam, os cultivares devem apresentar características específicas como por exemplo:

- Nos produtos que se destinam a fritar, as batatas devem ter alto teor de matéria seca para não absorverem muito óleo de fritura, que resulta em batatas muito engorduradas e moles, e não crocantes; e devem ainda apresentar um baixo teor de açúcares redutores para que as batatas não fiquem escuras após a fritura. Geralmente utiliza-se batata da variedade ágria em produtos para fritar por possuir estas características.
- Para consumo na forma de batata cozida normalmente não há muita exigência quanto ao formato do tubérculo. O teor de matéria seca é geralmente médio. Variedades com tendência a desmanchar durante o cozimento, não são recomendadas (exceto se for para batata sopa).
- Para assar no forno as batatas devem ter um alto teor de matéria seca, a fim de realçar o seu sabor depois da confeção, e ter um formato redondo de pequeno calibre (Ávila et al., 1999).

Na empresa onde decorreu o presente estudo, a batata de IV gama é comercializada em vários produtos diferentes:

- Batata rodela, palitos, gomos, palha e cubos, cujo destino é ser frita;
- Batata inteira, cujo destino é ser cozida;
- Batata sopa que, como o nome indica, se destina à confeção de sopas;
- Batata forno cujo destino é ser assada;
- E existe ainda a incorporação de batata aos cubos em produtos com mistura de vários ingredientes pré-preparados para confeccionar sopa (creme de cenoura, por exemplo).

A Figura 1.1 mostra alguns dos produtos comercializados pela empresa.



Figura 1.1 – Produtos de batata de IV gama comercializados na empresa Campotec. (A) Batata Palitos para fritar. (B) Batata Inteira para Cozer. (C) Preparado de legumes para Creme de Cenoura.

1.1.4.1. Processamento

Na figura 1.2, que se pode observar de seguida, apresenta-se um exemplo de um fluxograma de processamento de batata de IV gama da indústria onde decorreu este estudo. Este é baseado no fluxograma descrito no plano HACCP da empresa.

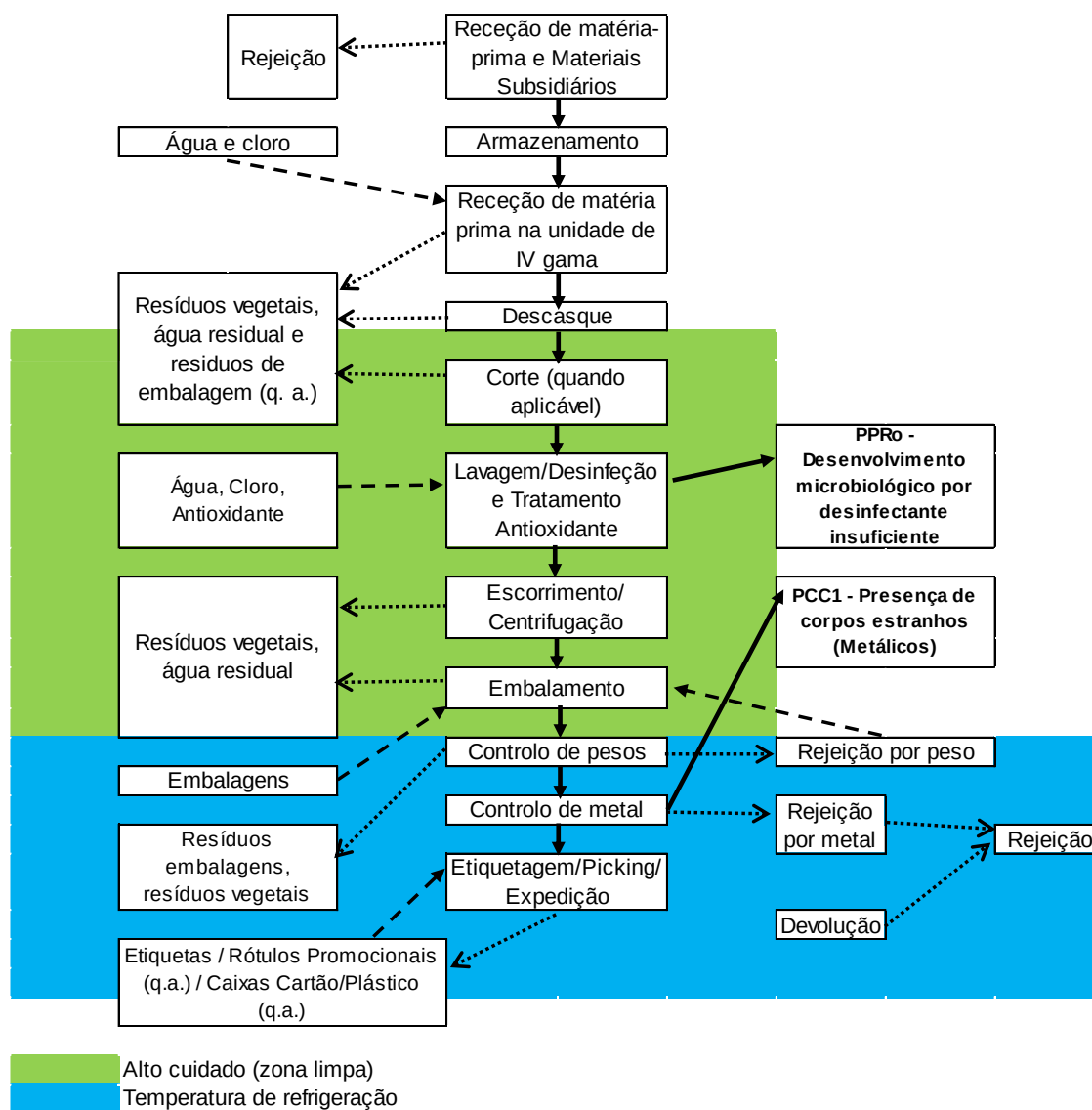


Figura 1.2 – Fluxograma de processamento de batata de IV gama fresca descascada e, quando aplicável, cortada baseado no fluxograma descrito no plano HACCP da empresa Campotec.

A primeira etapa do processamento da batata consiste na receção da matéria-prima. A batata pode ser transportada pelos produtores ou por fornecedores até às instalações. Geralmente chega em “big bags” pousados em cima de uma palete. A batata é pesada e recebe uma etiqueta de identificação (produtor, guia/lote de entrada, data de receção, quantidade recebida, vasilhame). É realizado o controlo de qualidade (avaliação da frescura, presença de parasitas, acondicionamento, integridade do produto) através



Figura 1.3 – Exemplos de produtos não conformes que devem ser rejeitados na etapa de receção de matéria-prima. (A) Batatas com interior oco (B) Batatas congeladas (C) Batata com podridão.

da seleção de amostras ao acaso e nesta fase é decidido se a matéria-prima é aceite ou rejeitada consoante o cruzamento das observações e as informações disponíveis no documento que define os requisitos para o fornecimento de matéria-prima. Este define que a batata tem de apresentar um aspeto fresco, não desidratado, limpo (sem terra/ matérias estranhas). Devem estar inteiras, sem perfurações e sem grelos. Devem estar isentas de parasitas e/ou vestígios de ataque dos mesmos. Devem ter uma textura adequada e estar isentas de podridões ou lesões. Não devem apresentar manchas de ferrugem, o interior oco, enegrecimento ou outros defeitos internos. Devem estar bem conservadas e adequadamente acondicionadas. O calibre também deve ser adequado à sua aplicação (40 a 50 mm para batata forno e superior a 40 mm para tudo o resto). A tolerância é de 10% para todos os requisitos, exceto batatas ocas (sem tolerância).

Após concluída a receção da batata, esta é armazenada à temperatura ambiente ou em câmaras com temperaturas superiores a 8°C (geralmente no inverno, quando a temperatura ambiente é demasiado baixa). O sistema de armazenamento da matéria-prima deve ser do tipo FIFO (first in, first out), porque a matéria-prima é perecível. No entanto, podem ocorrer exceções quando se verificarem defeitos evolutivos no produto mais novo que poderão condicionar a sua utilização com o decorrer do tempo.

A batata é depois encaminhada, quando necessária, para a unidade de processamento da IV gama. Chega à zona de baixo risco (zona suja), e é imediatamente inserida na máquina de descasque sem lavagem prévia. Faz-se a leitura ótica dos talões para a produção (lotes das matérias-primas) e é feita a identificação do produto por quilos/cliente para ser possível realizar a sua rastreabilidade.

O descasque da batata é feito por escovas por abrasão ainda na zona de baixo risco e nesta fase sai muita matéria orgânica, que é retirada através da entrada de águas de lavagem e saída de águas residuais após o descasque. Após este processo, existe uma seleção manual da batata realizada por operadores para que sejam retiradas batatas com defeitos internos visíveis ou cortados alguns vestígios de casca que tenham resistido ou algumas zonas superficiais escurecidas. Sempre que é detetado algum problema de qualidade, este é reportado aos responsáveis pelo controlo de qualidade.



Figura 1.4 – Zona de baixo risco onde ocorre o descasque da batata de IV Gama na empresa Campotec.

A batata segue em passadeiras para a zona de alto cuidado, onde, caso se aplique, é cortada no formato desejado. No caso da batata inteira segue diretamente para a fase seguinte.

A fase seguinte consiste na desinfecção e aplicação de antioxidante na batata. Pode ser realizada em tanque, palote ou em balde, consoante a quantidade a processar. É previamente preparada a solução onde a batata vai cair (nos palotes) ou passar através da passadeira (em tanque) e esta solução contém água com antioxidante (metabissulfito de sódio) para impedir o escurecimento da batata e que também atua como desinfetante, que é adicionado manualmente. Nesta etapa entra água e metabissulfito de sódio e saem águas residuais e eventual refugo.



Figura 1.5 – Zona de alto cuidado do processamento da batata. (A) Máquina de corte e tanque de tratamento antioxidante da batata cortada. (B) Tanque de tratamento antioxidante da batata inteira.

A batata passa depois por um processo de escorrimento onde é retirado o excesso de humidade do produto. A batata inteira escorre apenas na passadeira enquanto que a batata cortada é submetida a centrifugação. Nesta etapa sai água residual e eventual refugo também.

Depois ocorre, ainda na zona de alto cuidado, o embalamento do produto. Antes de se iniciar o embalamento o embalador programa a embaladora vertical e faz a troca de filme de embalagem. A batata segue em linhas contínuas para as embaladoras verti-

cais, onde é distribuída pelas cabeças de embalagem para as balanças que após obterem o peso programado abrem em simultâneo originando o produto final. Nesta etapa pode ocorrer a etiquetagem automática diretamente na embalagem, definida pelo operador ou pode ocorrer embalagem com forte componente manual e posterior etiquetagem igualmente manual. Nesta etapa entram embalagens, filmes e fitas de impressão e saem embalagens e refugo.

As embalagens seguem por uma passadeira em contínuo para o controlador de pesos dinâmico que, quando o peso é não-conforme, rejeita automaticamente as embalagens, ou podem ser pesadas pelo operador responsável pela receção de produto para verificar o peso.

Depois é efetuado o controlo de metais através da passagem por um detetor adequado e devidamente calibrado. Quando este deteta metal dá um alerta luminoso ou acústico e a passadeira para ou rejeita a embalagem.

As embalagens rejeitadas devido ao peso são re-embaladas, no entanto as embalagens rejeitadas pelo detetor de metais são entregues a um responsável pelo controlo de qualidade para preenchimento do registo de não conformidades e posteriormente o produto segue para refugo. O controlo de metais é considerado um PCC, o único neste fluxograma, e é verificado frequentemente o bom funcionamento dos detetores de metais pelo controlo de qualidade (cerca de nove vezes por dia – três de manhã, três à tarde e três à noite).

Nesta fase podem sair embalagens vazias e refugos de embalagens abertas ou com defeitos, fita-cola e caixas de cartão defeituosas e entrar etiquetas, fitas e rótulos promocionais bem como caixas de cartão e caixas chep (de plástico).

Poderá depois ocorrer a etiquetagem manual dos produtos. Esta fase ocorre na zona de baixo risco, onde o produto já se encontra embalado. Nesta etapa fazem-se as cargas de acordo com as encomendas por cliente e o respetivo picking. Nesta etapa e em todo o tempo de prateleira do produto, a temperatura de conservação é crítica (Robertson et al., 2018), sendo cuidadosamente controlada a temperatura ótima na sala de picking / expedição.

1.1.4.2. Escurecimento

O processo de escurecimento após descasque e corte de produtos hortícolas é um grande problema económico para as indústrias alimentares de produção de produtos frescos cortados pois afeta a aparência e propriedades organoléticas dos mesmos, resultando na diminuição da vida de prateleira e do valor de mercado (Ali et al., 2016; Lovatto et al., 2012). As batatas não são exceção, sendo o seu escurecimento o principal problema de qualidade que ocorre na produção de batata de IV gama.

Existem várias causas para a ocorrência deste escurecimento. Um dos tipos de escurecimento que ocorre frequentemente na batata pode ser causado por fatores como o estado de maturação da batata no momento da sua colheita, ou as suas condições de armazenamento, por exemplo. Não existe muita informação disponível acerca das causas deste escurecimento e este causa muitas vezes problemas na batata de IV gama pois

pode evoluir após o descasque e corte durante o seu tempo de prateleira e não se conhece um método eficaz para a sua prevenção para além do controlo da matéria-prima. O escurecimento deste tipo provoca manchas mais arroxeadas/acinzentadas semelhantes a nódos negros, que aparecem nas extremidades, mas apresentam alguma profundidade possível de visualizar com o seu corte (Figura 1.6(A)).

No entanto, o tipo de escurecimento mais comum é o escurecimento enzimático. Este vai ser o mais analisado neste estudo pois é aquele que pode ser controlado através da utilização de antioxidantes. Pode ser distinguido visualmente do escurecimento descrito anteriormente pois provoca manchas mais avermelhadas (chamada cor de tijolo) e só aparecem na superfície da zona exposta da batata, não tendo profundidade (Figura 1.6(B)).



Figura 1.6 – Tipos de escurecimento que da batata de IV gama. (A) Escurecimento causado por fatores anteriores ao descasque/corte da batata. (B) Escurecimento enzimático causado pelo corte/descasque da batata.

Após serem descascadas ou cortadas, as batatas (principalmente as de polpa branca) são extremamente sensíveis a este escurecimento enzimático. O seu processamento (descasque e corte) promove o aumento da respiração e da produção de etileno e a indução e síntese de compostos fenólicos para a cicatrização dos tecidos do tubérculo (Lovatto et al., 2012). Além disso, provoca um extravasamento de substratos fenólicos do vacúolo devido ao seu corte, que entram em contato com as enzimas catalisadoras das reações de oxidação dos polifenóis (polifenoloxidase (PPO) ou peroxidase (POD)), que estão presentes no citoplasma (Lovatto et al., 2012; Ru et al., 2020). A polifenoloxidase é a enzima que é a principal responsável pelo escurecimento de produtos frescos cortados. Consiste numa metalo-enzima oligomérica com o centro ativo contendo dois íons de cobre, cada um coordenado com três resíduos de histidina. A enzima encontra-se principalmente ligada às membranas dos organelos celulares como as mitocôndrias, peroxissomas e tilacoides dos cloroplastos. As reações enzimáticas de escurecimento ocorrem quando acontece a rutura das células e as enzimas ficam em contacto com os compostos fenólicos que estariam em vacúolos como parte do sistema de defesa das plantas contra patogénicos (Ali et al., 2016). Estas enzimas catalisam a oxidação de substratos fenólicos por oxigénio molecular, formando o-quinonas altamente coloridas e relativas que podem sofrer reações não enzimáticas e irreversíveis de auto-polimerização

ou com outros fenóis, aminoácidos ou proteínas para produzir pigmentos castanhos como as melaninas (Ali et al., 2016; Lovatto et al., 2012; Ru et al., 2020).

Outras enzimas que contribuem para o processo de escurecimento são por exemplo a amoníase de fenilalanina (PAL) e a peroxidase (POD) (Ru et al., 2020). A atividade de ambas as enzimas aumenta em plantas stressadas. A PAL é a principal enzima do caminho do fenilpropanoide enquanto a POD pode oxidar substratos fenólicos, mas o seu efeito é limitado pela presença de oxidantes como por exemplo o radical superóxido, peróxido de hidrogénio ou peróxido lipídico (Ali et al., 2016). A PPO é, portanto, considerada a principal causa do processo de escurecimento. Estes processos deterioram não só a cor e a aparência dos produtos hortícolas como também os seus valores nutricionais pois uma grande parte dos compostos fenólicos com atividade antioxidante e medicinal são oxidados durante esse processo (Ali et al., 2016).

Este processo de escurecimento é indesejável em produtos hortícolas frescos cortados, no entanto, pode ser desejável em alguns produtos como por exemplo o café, chá, cacau e alguns alimentos cozinhados (Ali et al., 2016; Ru et al., 2020).

Existe ainda o escurecimento que ocorre após a confeção das batatas. Também constitui um problema quando se comercializa batata de IV gama principalmente quando esta se destina a ser frita. Geralmente é controlado através do tipo de batata adquirido e das suas condições de armazenamento. A empresa geralmente realiza o cozimento e fritura de uma amostra de batatas de cada lote antes de o processar para verificar se estas podem causar este tipo de problema. Este escurecimento é causado pela presença de demasiados açúcares redutores na matéria-prima, que se formam geralmente durante o seu armazenamento (Camire et al., 2009).

1.2. Sulfitos

Várias técnicas têm vindo a ser utilizadas para minimizar o efeito do processamento mínimo de produtos hortícolas, nomeadamente a sua refrigeração, embalagens com atmosfera modificada, uso de aditivos e revestimentos comestíveis. Para as batatas de IV gama, os métodos mais comumente usados e mais eficazes têm sido a adição de conservantes químicos, o embalamento a vácuo e a refrigeração (Baldwin et al., 1996).

Dentro dos conservantes químicos que são usados para evitar que ocorra o escurecimento enzimático, existem vários tipos. Enquadram-se geralmente em duas categorias: a primeira consiste em inibidores diretos da PPO que atuam ou formando complexos enzima-inibidor devido a semelhanças estruturais com o substrato enzimático (como por exemplo o ácido benzoico, ácido cinâmico e ácido ferúlico) ou por quelação com o íon de cobre do centro ativo da enzima (como por exemplo o ácido sorbico, oxálico, cítrico, tartárico, ou algumas proteínas e péptidos). Em adição, os ácidos orgânicos também desativam a enzima através de uma diminuição do pH até este ficar abaixo do necessário para garantir uma ótima atividade enzimática. A outra categoria consiste em inibidores do escurecimento que ou reagem com quinonas por redução para dar origem

a catecóis que não possuem cor (como o ácido ascórbico) ou para formar adutos sem cor (como a cisteína) (Ali et al., 2016).

Os conservantes químicos mais utilizados para evitar o escurecimento da batata de IV gama são os sulfitos, por serem considerados os mais eficazes para este tipo de produto e os menos dispendiosos (Ali et al., 2016; Baldwin et al., 1996; De Oliveira et al., 2008; Ru et al., 2020). O seu mecanismo de inibição do escurecimento enzimático ainda não é, no entanto, claro. Alguns autores sugerem que ocorre uma inibição competitiva dos sulfitos sobre a enzima PPO, através da sua ligação a um grupo sulfidril no seu centro ativo (De Oliveira et al., 2008), outros afirmam que o HSO_3 formado após a sua dissolução reduz o Cu^{2+} no centro ativo da PPO e causa a inibição irreversível da sua atividade (Ru et al., 2020). Outros autores sugerem ainda que a inibição ocorre devido à reação de sulfito com quinonas (pigmentos que originam a cor) (Ali et al., 2016), resultando na formação de sulfoquinonas, que inibem irreversivelmente a PPO, causando sua inativação (De Oliveira et al., 2008). Sendo estes conservantes tão eficazes, muito possivelmente a sua ação resultará de um conjunto de vários dos mecanismos descritos.

Para além de desempenharem um papel antioxidante, inibindo o escurecimento enzimático, os sulfitos são também muito utilizados por possuírem um importante papel antimicrobiano (Baldwin et al., 1996).

Como foi referido, são muito utilizados na batata de IV gama mas a sua adição é realizada numa grande variedade de produtos, sendo os mais conhecidos a carne, os vinhos e a fruta desidratada, devido às suas muito eficazes propriedades antioxidantes e antimicrobianas. São até utilizados em medicamentos pela indústria farmacêutica. Estes podem ser adicionados aos produtos alimentares em várias formas, nomeadamente os aditivos E220-E228: dióxido de enxofre, sulfito de sódio, hidrogenossulfito de sódio, metabissulfito de sódio (a forma habitualmente utilizada na batata de IV gama), metabissulfito de potássio, sulfito de cálcio, hidrogenossulfito de cálcio e hidrogenossulfito de potássio (“Regulamento (UE) nº1129/2011,” 2011).

1.2.1. Problemas

Apesar da sua extrema eficácia e baixo custo, tem existido um esforço por parte da indústria alimentar e dos governos para diminuir a utilização de sulfitos como conservantes nos produtos alimentares. As quantidades que podem ser utilizadas em variados produtos já são atualmente alvo de regulamentação em diversos países (Ru et al., 2020). Em Portugal e na União Europeia, o teor de dióxido de enxofre (SO_2) presente em diversos alimentos já possui um teor máximo definido na legislação para diversos produtos, como por exemplo hortofrutícolas, alguns produtos de confeitaria e de padaria fina, cereais, amidos e féculas, preparados de carne, moluscos e crustáceos, em açúcares, especiarias, temperos, vinagres, mostarda, gelatinas, sumos de fruta, bebidas aromatizadas, bebidas alcoólicas como a cerveja, o vinho e a sidra, alguns aperitivos e frutos de casca rija transformados. Para a batata descascada, o limite máximo definido é de 50 mg/kg (“Regulamento (UE) nº1129/2011,” 2011).

Estas restrições resultaram da ligação entre a ingestão de produtos contendo bis-sulfito de sódio e outras formas de sulfitos e diversas reações adversas em certas populações de consumidores e trabalhadores (Baldwin et al., 1996; Ru et al., 2020). Estas reações são chamadas de reações de hipersensibilidade e assemelham-se a uma alergia alimentar. Por isso mesmo, os sulfitos encontram-se na lista de alergénios que têm de ser identificados no rótulo dos produtos alimentares quando presentes. No entanto, ao contrário dos outros alergénios, estes possuem um limiar a partir do qual a sua indicação é obrigatória. Os sulfitos e dióxido de enxofre apenas têm de estar obrigatoriamente mencionados no rótulo quando presentes no produto em concentrações superiores a 10 mg/kg ou 10 mg/L expressos em SO₂ (dióxido de enxofre) (“Decreto-Lei n.º 156/2008,” 2008).

De acordo com The Joint Expert Committee on Food Additives (JECFA), a Organização Mundial da Saúde (WHO) e a Food and Agriculture Organization (FAO), a ingestão diária máxima recomendada é de 0,7 mg de dióxido de enxofre por quilo de peso corporal (De Oliveira et al., 2008). Quando ingeridos em doses superiores, os sulfitos podem ser tóxicos. É fundamental que os limites legais não sejam ultrapassados e se faça referência à presença destas substâncias nos produtos embalados e a granel, para que pessoas sensíveis consigam evitar a sua ingestão em doses exageradas (“Deco Proteste,” 2020).

A exposição a sulfitos pode provocar vários tipos de sintomas em indivíduos com sensibilidade, entre os quais dermatite, urticária, rubor, hipotensão, dor abdominal ou diarreia e até sintomas que colocam em risco a vida do indivíduo como reações anafiláticas ou asmáticas. A exposição a estes aditivos ocorre principalmente através do consumo de alimentos que os contenham, mas também pode ocorrer através da ingestão de produtos farmacêuticos e na atividade ocupacional. Os indivíduos mais afetados normalmente por esta hipersensibilidade são aqueles que sofrem de asma. Entre 3 e 10% dos indivíduos asmáticos que ingerem estes aditivos reportam sintomas ligados a esta hipersensibilidade. No entanto, a severidade destas reações varia, existindo um maior risco entre indivíduos com formas mais agressivas de asma como os asmáticos dependentes de esteroides e crianças com asma crónica (Vally e Misso, 2012).

Para além dos efeitos negativos que podem ter na saúde do consumidor, estes conservantes também podem ter algumas consequências negativas no produto alimentar onde são usados, como perda de textura, desenvolvimento de sabor desagradável e perda de vitamina B1 (De Oliveira et al., 2008).

O IARC (*International Agency for Research on Cancer*) qualificou os sulfitos como “não classificados quanto à sua carcinogenicidade em humanos”, o que levanta algumas preocupação entre os consumidores quanto ao seu potencial cancerígeno (“Deco Proteste,” 2020).

Os novos hábitos de consumo e a preocupação dos consumidores no tipo de aditivos que contêm os alimentos que consomem também levam a uma preocupação das indústrias em retirar a indicação “contém sulfitos” do rótulo dos produtos que comercializam para agradar ao consumidor (Ru et al., 2020).

1.2.2. Alternativas

Assim, existe a necessidade de diminuir a utilização de sulfitos controlando as quantidades adicionadas e também existe uma procura por conservantes e técnicas de conservação que possam substituir a sua utilização (Baldwin et al., 1996).

Existem vários tipos de métodos que podem ser utilizados para prevenir o escurecimento enzimático de produtos hortofrutícolas: métodos físicos, biológicos e químicos (Ru et al., 2020). A adição de sulfitos consiste num método químico.

Os métodos físicos anti-escurecimento incluem principalmente tratamentos térmicos, tratamentos ultrassónicos e controlo da atmosfera de embalagem (Ru et al., 2020). O branqueamento é um método de tratamento térmico comumente usado em batata minimamente processada para prevenir o escurecimento enzimático através da inativação da PPO. Pode levar, no entanto, a perda de firmeza e de outros atributos como nutrientes, sabor e cor (Amaral et al., 2017). A aplicação de ultrassons em batatas também ajuda a diminuir o seu escurecimento enzimático (Amaral et al., 2017). Atmosferas controladas com baixa concentração de oxigénio ou elevada concentração de dióxido de carbono (1-3% O₂ e 8-10% CO₂) também retardam, mas apenas ligeiramente, o escurecimento enzimático da batata fresca cortada. Como o escurecimento envolve oxidação, este pode ser retardado eliminando o oxigénio da superfície de corte. No entanto, a falta de oxigénio pode levar a anaerobiose com consequente aumento indesejável de voláteis fermentativos (Ma et al., 2010). Este tipo de métodos físicos ajudam na prevenção do escurecimento enzimático de batata minimamente processada, no entanto, é necessária a sua combinação com a aplicação de outros métodos anti-escurecimento, como os agentes químicos antioxidantes, por exemplo, para se conseguir uma boa eficácia na diminuição da atividade das enzimas PPO e POD (Amaral et al., 2017; Ma et al., 2010).

Recentemente, também alguns compostos anti-escurecimento com origem biológica têm despertado a atenção devido à segurança que demonstram na sua utilização. O ácido ferúlico e o ácido p-cumárico, que podem ser extraídos de farelo de arroz, demonstraram inibir efetivamente a atividade da PPO e consequentemente prevenir o escurecimento de batatas. Para além destes, péptidos de bacalhau e extrato aquoso de beldroega demonstraram também que podem ser usados como agentes anti-escurecimento em batata (Ru et al., 2020).

Os revestimentos comestíveis são atualmente bastante usados na indústria de produtos frescos cortados para preservar a sua qualidade. O alginato tem sido um dos revestimentos mais utilizados em frutas e vegetais, muitas vezes com a incorporação de nanomateriais (Amaral et al., 2017). A combinação de um revestimento comestível de celulose com agentes químicos anti-escurecimento, como o ácido ascórbico e outros ácidos, pode levar ao aumento da eficácia destes agentes na prevenção do escurecimento enzimático de batata fresca cortada devido ao potencial deste revestimento para retardar a perda de água, funcionar como barreira ao oxigénio e manter os antioxidantes na superfície do tecido cortado, onde ocorre o escurecimento (Baldwin et al., 1996).

Também tem vindo a ser estudada tecnologia transgénica para prevenir o escurecimento de batatas frascas cortadas, através, por exemplo, do silenciamento dos genes da PPO, reduzindo a expressão desta enzima inibindo significativamente o escurecimento da batata (Ru et al., 2020).

Entre as diversas técnicas anti-escurecimento existentes, os métodos químicos são os mais utilizados por serem considerados os mais simples e mais fáceis de implementar (Ru et al., 2020). São aqueles que serão estudados ao longo deste trabalho, por serem também os pretendidos pela empresa na qual este foi desenvolvido.

Os ácidos orgânicos como o ácido benzoico, cinâmico e ferúlico, possuem uma estrutura química semelhantes aos substratos das reações enzimáticas, podendo competir para inibir a atividade da PPO, diminuir o pH da reação, e assim inibir a atividade desta enzima, prevenindo o escurecimento enzimático (Ru et al., 2020). O ácido aspártico e o ácido clorogénico têm vindo a demonstrar eficácia promissora na inibição do escurecimento de batata de IV gama (Cheng et al., 2020; Feng et al., 2020).

Vários compostos tióis (contendo um grupo -SH) têm também sido identificados como inibidores da PPO eficazes no controlo do escurecimento de frutas e vegetais (Ru et al., 2020). A L-cisteína, por exemplo, tem sido muito estudada para ser utilizada como agente anti-escurecimento em diversas frutas e vegetais frescos cortados (Ru et al., 2020). Esta atua reagindo com as quinonas devido à nucleofilicidade do grupo tiol, originando adutos sem cor (Ali et al., 2016). A capacidade anti-escurecimento da L-cisteína é melhor que a de diversos outros compostos tióis, como a glutathiona por exemplo, mas menos eficaz que a utilização de sulfito de sódio (Ru et al., 2020). No entanto, a capacidade de prevenir o escurecimento da L-cisteína diminui muito com o tempo de armazenamento, não sendo eficaz durante longos tempos de prateleira (eficácia média de horas, e não dias) (Ru et al., 2020).

Para além da cisteína, também outros aminoácidos, como a valina, podem reduzir o processo de escurecimento. No entanto, os aminoácidos e proteínas podem ter dois efeitos contrários no processo. Estes podem atuar como agentes quelantes e causar inibição do escurecimento ou reagir com as quinonas e promover o processo de escurecimento, sendo necessário um controlo extremamente rigoroso das concentrações utilizadas. A cisteína é eficaz em concentrações elevadas, mas a valina tem de ser aplicada em baixa concentração ou irá formar adutos com cor (Ali et al., 2016).

O 3-Mercapto-2-butanol é um composto orgânico sulfúrico que demonstrou resultados positivos na prevenção do escurecimento de batata de IV gama, através da inibição direta da enzima PPO. É seguro, estando naturalmente presente em humanos, e já é usado como um aditivo natural aromatizante na indústria alimentar. Este composto confere, no entanto, à batata, um ligeiro odor a cebola que desagrada ao consumidor, mas que reduz com o tempo de armazenamento e é eliminado totalmente com o processamento térmico (confeção), não sendo detetado durante o consumo do produto. A sua aplicação no produto exige também alguma adaptação, pois é insolúvel em água (apolar), logo, tem de ser primeiramente dissolvido em etanol e depois então misturado na água de tratamento da batata (Ru et al., 2020).

Os antioxidantes mais estudados para virem a substituir os sulfitos na prevenção do escurecimento de batatas de IV gama são alguns compostos orgânicos como o ácido ascórbico e o ácido cítrico, por exemplo. Já existem disponíveis no mercado alguns antioxidantes livres de sulfitos para a batata de IV gama com estes ácidos na sua composição. Um dos produtos disponíveis encontrado no mercado consiste no *Enviro-wite* da *Drywite*, composto por ácido cítrico E330, ácido ascórbico E300 e difosfatos E450 (“Drywite”). Outro produto encontrado disponível no mercado foi o *KK Plus*, da *Food Freshly*, cuja composição não é conhecida (“Food Freshly EU”, “Food Freshly North America”).

Estes compostos antioxidantes são os mais estudados para este fim por serem seguros e terem já demonstrado elevada eficácia noutros produtos hortofrutícolas. No entanto, vários estudos da sua utilização em batata de IV gama mostram que estes não são totalmente eficazes na inibição do seu escurecimento (Ma et al., 2010; Ru et al., 2020). O ácido ascórbico inibe o escurecimento enzimático através da sua reação com as quinonas antes destas condensarem evitando a formação de pigmentos com cor ou pode também quelar com o cobre no centro ativo da PPO. No entanto, quando o ácido ascórbico é totalmente oxidado a ácido dehidroascórbico, as quinonas acumulam e dão-se reações de polimerização que levam ao indesejável escurecimento. O ácido cítrico possui um efeito duplo através da diminuição do pH e da quelação com o centro ativo da PPO. Estes dois ácidos são comumente aplicados em conjunto para uma maior eficácia, e quando utilizados juntamente com outro método de prevenção do escurecimento enzimático, como a utilização de uma atmosfera controlada por exemplo, os seus resultados de controlo do escurecimento revelam-se mais promissores (Ma et al., 2010).

O ácido ascórbico tem vindo também a ser utilizado juntamente com o metabisulfito de sódio para diminuir a quantidade de sulfitos que se adicionam à batata de IV gama, sem a sua total eliminação (do Nascimento et al., 2020). Também a utilização de atmosfera modificada (3% O₂ + 10% CO₂) permite a utilização de concentrações mais baixas de metabisulfito (0,025%) sem prejudicar o controlo do escurecimento (Ma et al., 2010).

Existem algumas técnicas alternativas à utilização de sulfitos para evitar o escurecimento da batata fresca cortada que começam a mostrar resultados potencialmente interessantes, mas que ainda necessitam de ser melhoradas, possivelmente através da combinação de vários métodos. Assim, a procura por outras alternativas continua, pois as que existem mostram-se menos eficazes, mais dispendiosas, por vezes mais difíceis de aplicar e causadoras de mais alterações organoléticas indesejáveis no produto que o metabisulfito de sódio.

1.3. Proposta de estudo

Com este estudo pretendem-se implementar medidas numa empresa onde se produz batata de IV gama de forma a controlar o teor de sulfitos que fica no produto final. O objetivo será que este teor nunca ultrapasse o limite máximo legislado - 50mg/kg - e preferencialmente que não atinja o valor que leva ao despoletar de reações de hipersensibilidade - 10mg/kg - de forma a não colocar em risco a saúde de nenhum consumidor e manter a confiança dos clientes na empresa.

Para tal, pretende-se diminuir a quantidade de metabissulfito utilizada na empresa, começando por analisar o procedimento de aplicação de antioxidante na batata e verificando se a forma como este é realizado é a mais correta. A forma de adição do metabissulfito à batata deve ser realizada de modo que não existam erros que levem à produção de embalagens com um teor de sulfitos demasiado elevado. Serão também implementadas medidas que permitam melhorar o controlo da quantidade de antioxidante utilizada pelos operadores de modo a ser possível detetar alguma discrepância caso ocorra um erro na adição de metabissulfito.

Pretende-se também determinar a concentração mínima de metabissulfito, suficiente para evitar o escurecimento da batata na IV gama, e uma concentração máxima segura. Assim, será possível definir uma gama de concentrações que devem ser utilizadas na solução de tratamento antioxidante da batata.

Por fim, será realizado um estudo de possíveis alternativas à utilização de sulfitos na batata de IV gama, nomeadamente, a eficácia de alguns e a viabilidade económica e técnica da sua utilização.

MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Desenho do Estudo

2.1.1. Análise do Procedimento de Aplicação de Antioxidante na Batata

Este estudo teve início com a observação e levantamento da forma como, na empresa em questão, se procedia à produção de batata de IV Gama, com especial atenção à etapa de aplicação de antioxidante. Realizou-se também uma análise aos documentos disponíveis na base de dados da empresa acerca da produção de batata de IV gama, focando novamente mais atenção nos documentos que diziam respeito à aplicação de antioxidante.

2.1.2. Revisão Documental

Foi realizada uma atualização da documentação da empresa relativa à etapa de aplicação de antioxidante na batata de IV gama, nomeadamente, ao procedimento de aplicação de antioxidante na batata e aos registos de aplicação desse mesmo antioxidante, de modo a que estes documentos ficassem mais completos e claros e contivessem as alterações que se foram realizando ao longo do estudo. Estes documentos seguem a norma BRC, implementada na empresa em questão.

2.1.3. Redução da Quantidade de Sulfitos

De modo a diminuir a quantidade de sulfitos presente no produto final, o foco deste estudo centrou-se principalmente em diminuir a quantidade de antioxidante adicionada na etapa de aplicação de antioxidante na batata de IV gama, sem que a qualidade do produto fosse alterada.

2.1.3.1. Determinação da Gama de Concentrações a Utilizar

Para diminuir a quantidade de antioxidante a ser utilizada, seria imprescindível definir a gama de concentrações ideal a aplicar na batata para garantir que a sua qualidade não seria afetada mas que a quantidade de sulfitos que nela ficasse fosse inferior à pretendida.

Para tal, realizou-se em pequena escala (10 kg de batata tratados em 10 L de solução antioxidante), o tratamento de batata em soluções com concentrações variadas de antioxidante. Essa batata foi colocada em tempo de prateleira durante os 7 dias correspondentes ao seu prazo de consumo normal e foi avaliada visualmente a sua coloração.

2.1.3.2. Implementação das Quantidades Adequadas

Após definição de uma gama de concentrações segura e eficaz a utilizar para tratamento da batata, procedeu-se à sua implementação na linha de produção. Para tal, foi calculada a dimensão do tanque para determinação do volume de água utilizado e foi definida uma marca para que esse volume fosse sempre o mesmo. A partir desse volume, foi calculada a quantidade de metabissulfito de sódio a adicionar à solução para se conseguir a concentração pretendida e essa concentração foi medida com recurso a um kit de medição de sulfitos da *HANNA Instruments*.

Após determinação da quantidade inicial, foi monitorizado com medições do kit a taxa de diminuição da concentração de sulfitos na solução ao longo do tratamento da batata.

A partir desse estudo, foi possível definir ao fim do tratamento de quantos quilos de batata é necessária a adição de mais antioxidante para repor a concentração da solução.

2.1.4. Eliminação da Utilização de Sulfitos

Foi realizado um estudo de algumas alternativas que possam ser utilizadas para substituir a utilização de sulfitos em batata de IV gama.

Em pequena escala, foi realizada a testagem de outros antioxidantes que poderiam ser alternativas à utilização de sulfitos na batata de IV gama, nomeadamente o ácido ascórbico, ácido ascórbico e ascorbato de cálcio, e antioxidantes especificamente desenvolvidos para a utilização em batata de IV gama - *kkplus* e *drywhite*. À semelhança do que se realizou para determinar a gama e concentrações ideais, a batata tratada com os antioxidantes alternativos foi guardada em tempo de prateleira durante 7 dias (prazo de consumo do produto) e a sua coloração e qualidade geral foi avaliada visualmente.

As várias etapas do estudo decorreram no período de tempo entre janeiro e novembro de 2021, tendo a recolha de dados decorrido entre os meses de janeiro e junho de 2021.

2.2. Métodos de análise

2.2.1. Medição da Concentração de Sulfitos na Solução de Tratamento Antioxidante

A medição da concentração de sulfitos na solução de tratamento antioxidante da batata foi medida recorrendo ao Estojó de testes para sulfitos HI3822 da marca *HANNA Instruments*. O modo de utilização deste estojó encontra-se descrito no apêndice A.

2.2.2. Medição do Teor de Sulfitos no Produto Final

Para medição do teor de sulfitos no produto final, foram recolhidas amostras com cerca de 1kg de batata da passadeira da linha de produção imediatamente antes do embalamento automático e estas foram seladas em embalagem equivalente à utilizada no produto que é vendido ao consumidor.

Estas foram mantidas em refrigeração, tal como o produto final, e foram enviadas no próprio dia para laboratórios acreditados para análise do teor de sulfitos seguindo o método de Monier-Williams (Hillery et al., 1989).

Os laboratórios que procederam a estas análises foram o Globalab, Labiagro, AGQ e SGS.

2.2.3. Análise sensorial (visual)

A análise sensorial da batata foi realizada visualmente pelos membros do departamento de qualidade da empresa.

Foram observados parâmetros como a coloração da batata, o seu odor e a quantidade de líquido que continha a embalagem.

Quanto à coloração, as batatas foram classificadas de I a V quanto ao seu escurecimento, sendo I equivalente a batata sem qualquer escurecimento, II a batata ligeiramente escurecida (≤ 5 % área escurecida), III com escurecimento moderado ($5\% < \text{área escurecida} \leq 20\%$), IV com bastante escurecimento ($20\% < \text{área escurecida} \leq 50\%$), e V a batata extremamente escurecida ($\text{área escurecida} > 50\%$) (Ru et al., 2020).

DESENVOLVIMENTO

3.1. Revisão do Procedimento de Aplicação de Antioxidante na Batata

Antes de serem aplicadas medidas para reduzir a quantidade de metabissulfito adicionada ao produto, foi realizado um levantamento do procedimento que estava a ser realizado, do controlo das quantidades adicionadas e das formas de controlo do teor de sulfitos no produto final. Em resultado, foram implementadas algumas alterações com o objetivo de melhorar o controlo da adição deste antioxidante à batata.

No apêndice B poderá ser consultada a versão 02 do Procedimento de aplicação de antioxidante na batata que estaria em vigor até à realização deste trabalho na empresa.

O primeiro ponto a ser analisado neste trabalho experimental consistiu na observação e posterior análise e alteração do procedimento de aplicação do antioxidante na batata.

Como já foi brevemente descrito no ponto 1.1.1 deste documento, o tratamento da batata com antioxidante para evitar o seu escurecimento enzimático é realizado através da sua submersão num tanque com uma solução de metabissulfito de sódio dissolvido em água.

O modo de preparação deste tanque consistia no seu enchimento com água e, durante este enchimento, o operador despejava o metabissulfito em pó sólido na água diretamente no tanque onde as batatas são tratadas, homogeneizando com a introdução do ponto de ar comprimido. Com a realização de medições da concentração de sulfitos na solução com o Estorjo de medição de sulfitos, foi possível observar que a primeira medição (realizada numa amostra da água do tanque, já homogeneizada - antes do tratamento de batata) revelava valores mais baixos de sulfitos na água de tratamento da batata do que a medição posterior, já após o tratamento de produto, sem ter ocorrido qualquer adição de mais antioxidante. Podem-se ver exemplos deste fenómeno na tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Concentração de sulfitos na solução de tratamento antioxidante preparada com a adição de metabissulfito diretamente no tanque. Medições realizadas durante a produção, com indicação da quantidade de batata já produzida (mergulhada na solução), determinadas com o Kit Hanna.

Tanque/ Tipo de Batata	Quantidade de Metabissulfito Adicionada (kg)	Quantidade total de Batata Tratada na Solução (kg)	Concentração de Sulfitos na Solução (mg/L)
Tanque de Inteiros/ Batata Sopa	1,5	0	720 ± 40
		1050	760 ± 40
Tanque de Inteiros/ Batata Inteira	1,0	0	2440 ± 40
		20	1200 ± 40
		2160	1240 ± 40
Tanque de Inteiros/ Batata Forno	1,4	0	1600 ± 40
		600	600 ± 40
			2840 ± 40

Nota: o desvio padrão apresentado é resultado do erro associado à medição com o kit.

Constatou-se, portanto, que despejar diretamente o antioxidante na água no tanque e homogeneizar apenas com o ponto de ar comprimido não seria suficiente e que o metabissulfito não se dissolvia na totalidade na água antes de se iniciar o tratamento de batata no tanque. Isto poderia causar problemas de escurecimento enzimático pois algumas batatas tratadas no início do processo poderiam escurecer ao serem tratadas com a solução com baixa concentração de sulfitos e isto daria uma falsa ideia de que a quantidade adicionada não seria suficiente. Para além disso, o facto de o metabissulfito não se encontrar bem dissolvido poderia levar a que alguma da batata entrasse em contacto com partes da solução antioxidante com metabissulfito ainda não dissolvido e o arrastassem, resultando em embalagens com produto contendo um teor de sulfitos demasiado elevado.

O modo de adição do metabissulfito na água foi, portanto, alterado, passando a sua dissolução a ser realizada posteriormente num balde para o efeito com cerca de 20 litros de água com a utilização do ponto de ar comprimido, e passou a ser esta solução adicionada diretamente no tanque. No balde é facilmente possível visualizar se todo o metabissulfito se encontra dissolvido antes de o adicionar ao tanque. No tanque, quando se adiciona a solução, continua a ser utilizado o ponto de ar comprimido para homogeneizar a solução e este permanece ligado durante todo o processo.

As medições da concentração de sulfitos na solução do tanque com o kit Hanna quando o tanque é preparado desta forma encontram-se apresentadas na tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Concentração de sulfitos na solução de tratamento antioxidante preparada com a dissolução prévia do metabissulfito em balde antes da sua adição no tanque. Medições realizadas durante a produção, com indicação da quantidade de batata já produzida (mergulhada na solução), determinadas com o Kit Hanna.

Tanque/ Tipo de Batata	Quantidade de Metabissulfito Adicionada (kg)	Quantidade de Batata Tratada na Solução (kg)	Concentração de Sulfitos na Solu- ção (mg/L)
Tanque de Inteiros/ Batata Sopa e Batata Forno	1,0	0	1600 ± 40
		640	1760 ± 40
		1350	1520 ± 40
Tanque de Inteiros/ Batata Forno	1,0	0	2320 ± 40
		640	1800 ± 40
Tanque de Inteiros/ Batata Sopa e Batata Inteira	1,0	0	3640 ± 40
		1280	2000 ± 40
		1980	2000 ± 40
Tanque de Inteiros/ Batata Inteira	1,4	100	2200 ± 40
		1340	3080 ± 40
		1980	2800 ± 40
Tanque de Cortados/ Batata Rodelas	1,5	500	3040 ± 40
		1000	2560 ± 40
Tanque de Cortados/ Batata Palitos	1,4	0	1720 ± 40
		400	1680 ± 40
Tanque de Cortados/ Batata Rodelas	1,4	0	1800 ± 40
		150	1720 ± 40
		1000	1640 ± 40

Nota: o desvio padrão apresentado é resultado do erro associado à medição com o kit.

Como se pode concluir pela análise dos dados apresentados na tabela, a opção de adição de metabissulfito estudada permite uma melhor homogeneização do antioxidante no tanque de lavagem. De fato, após a adição de batata ao tanque, os teores de sulfito ou permanecem similares ou até há uma ligeira redução (por eventual ação na batata). Este ensaio mostra que este novo método melhora a dissolução do metabissulfito na solução, diminuindo a possibilidade de existir produto a arrastar metabissulfito ainda não dissolvido e ultrapassar os limites seguros. Para além disso, os valores encontram-se todos dentro da gama de valores que, como se poderá ler no capítulo 3.3, são suficientes para impedir o escurecimento enzimático da batata, não criando problemas na sua qualidade.

Com a análise do procedimento de tratamento da batata com antioxidante, foi também possível verificar que os dois tanques onde se realiza esse tratamento possuem formas e tamanhos diferentes, e que não existia uma marca definida até à qual se devia encher o tanque com água, o que podia ter muita influência na concentração final de sulfitos na solução de tratamento do produto.

Para melhorar o controlo do volume de água adicionado aos tanques, foi determinado o volume exato de água adicionada a cada tanque. Primeiro foi calculado medindo o tamanho do tanque e altura média de água com uma fita métrica e calculando o volume matematicamente. No entanto, neste cálculo teve de ser subtraído o volume da passadeira de transporte da batata que fica submersa na solução, cujo valor foi calculado de forma aproximada devido à dificuldade do seu formato. Através deste método, os volumes calculados foram de aproximadamente 600L para o tanque de tratamento de batata inteira e de 800L para o tanque de tratamento de batata cortada em vez dos 1000L que se pensava terem ambos os tanques. De forma a controlar que o volume adicionado a cada tanque fosse sempre exato, foi realizado o enchimento de cada tanque com exatamente os respetivos 600L e 800L medidos através do despejo de baldes de 50L e foi marcada no tanque a altura exata até à qual a água deve chegar para a obtenção do respetivo volume. A implementação destas marcas permitiu ter um controlo sobre a quantidade de água adicionada ao tanque e, respetivamente, um controlo mais rigoroso sobre a concentração de sulfitos que fica na solução de tratamento antioxidante da batata.

Esta determinação foi de extrema importância para calcular a quantidade de antioxidante que deve ser adicionada a cada um dos tanques, de forma a colocar a quantidade ótima para ação.

O tempo de permanência da batata na solução antioxidante também revelou sofrer algumas inconsistências. Ocorria muitas vezes durante a produção a paragem da linha que leva à paragem da passadeira que atravessa o tanque, levando a que a batata fique imersa durante mais tempo. Foram realizadas análises para determinar se este tempo mais alargado de permanência da batata na solução poderia resultar numa concentração mais elevada de sulfitos no produto final com soluções em cenários diferentes (Solução logo no início da produção, solução após reforço e solução em palote pequeno). Esses resultados podem ser observados na tabela 3.3.

Tabela 3.3 - Concentração de sulfitos em batata com diferentes tempos de permanência na solução de tratamento antioxidante. Medições realizadas por laboratórios externos, segundo o método de Monier-Williams.

Produto	Tempo de permanência na solução	Concentração de Sulfitos mg(SO ₂)/kg
Batata Forno - Tanque	2 minutos	<10 (L.Q.)
	60 minutos	<10 (L.Q.)
Batata Inteira – Tanque, imediatamente após reforço	5 minutos	<5 (LQ)
	60 minutos	16,6 ± 4,3
Batata Rodelas - Palote Pequeno	3 minutos	<5 (LQ)
	60 minutos	93,5 ± 23,4

Através da análise dos dados obtidos, foi possível concluir que o tempo de permanência da batata na solução pode aumentar a concentração de antioxidante presente no produto final para níveis superiores aos desejados. Assim, quando ocorre a paragem de linha, não deve existir batata mergulhada na solução antioxidante. Esta deve ser toda escoada antes de interrupções como a hora de almoço, por exemplo. Caso exista uma paragem não programada da linha e não seja possível avançar toda a batata mergulhada na solução para a passadeira seguinte, a batata que permanecer mais tempo que o programado na solução deve ser descartada.

Foi ainda possível verificar que, para encomendas de quantidades mais pequenas de batata, a solução de tratamento da batata era pontualmente preparada em baldes ou em baldes de menor volume que os tanques, aos quais o operador adicionava o metabissulfito numa quantidade não pré-pesada, que o próprio calculava a partir dos sacos disponíveis. Esta metodologia pouco controlada resultava numa utilização de quantidades excessivas de metabissulfito de sódio para o volume de solução preparado, o que resultava em produto final com concentrações muito acima das permitidas de sulfitos. Foram determinados valores de concentração de sulfitos em produto final preparado desta forma que ultrapassavam os valores legalmente admissíveis.

Para corrigir esta metodologia, foram definidas quantidades e pesados sacos para quando a batata é tratada em balde, palote pequeno e palote grande e esta forma de tratamento foi adicionada ao procedimento. Os sacos foram acondicionados num pequeno armário com a identificação do recipiente a que se destinam bem evidenciado em cada gaveta através de uma imagem.

Com a realização de encomendas mais pequenas, também a centrifugação da batata cortada para escorrimento da solução é realizada num local diferente, onde o tempo não se encontrava pré-definido. Procedeu-se ao envio de análises de amostras de batata bem centrifugada e mal centrifugada, ainda com sucos na embalagem. Estão apresentados na tabela 3.4 os resultados dos ensaios.

Tabela 3.4 - Concentração de sulfitos em produto final centrifugado em linha (na centrifuga pré-programada) ou manual (na centrifuga sem programa de tempo definido) durante 5 segundos.

Produto	Concentração de Sulfitos mg(SO ₂)/kg
Batata Rodelas – Centrifugação em linha	<10 (LQ)
Batata Rodelas – Centrifugação manual - 5 segundos	71±12 mg/kg

Os resultados revelaram que a centrifugação tem influência no teor de sulfitos que fica no produto final. Para minimizar a ocorrência desta situação, foi definido um tempo mínimo de centrifugação: 3 minutos, e ao rótulo adicionou-se uma advertência de que seria aconselhado lavar o produto antes de cozinhar (alteração dos rótulos de “Produto já lavado – pronto a confeccionar” para “Aconselhado lavar antes de usar”), com o objetivo de diminuir os sucos em volta da batata e que possam ainda ter um excesso de sulfitos.

No entanto, antes de modificar este procedimento, realizou-se um ensaio para avaliar a eficácia desta lavagem pelos consumidores. Verificou-se que análises realizadas com lavagem prévia revelaram não existir vantagem em realizar esta lavagem antes da confeção (Tabela 3.5), pois não levava a uma diminuição do teor de sulfitos no produto final, tendo essa advertência não sido incluída no rótulo.

Tabela 3.5 - Concentração de sulfitos em batata produzida nas mesmas condições com ou sem pré-lavagem. Análises realizadas no último dia da validade por laboratórios externos segundo o método de monier-williams.

Produto	Lavagem Prévia	Concentração de Sulfitos mg(SO ₂)/kg
Batata Rodelas	Sem lavagem previa	<10 (LQ)
	Com lavagem previa	<10 (LQ)
Batata Gomos	Sem lavagem previa	<10 (LQ)
	Com lavagem previa	28±5 mg/Kg

Concluiu-se que manter alguns sucos da solução antioxidante dentro da embalagem leva a que o produto possa absorver os sulfitos desses sucos, sendo, portanto, essencial realizar uma centrifugação eficaz.

Realizou-se ainda uma determinação de sulfitos em batatas do mesmo lote, tratadas com a mesma solução antioxidante durante o mesmo período de tempo mas embaladas em dois modos diferentes – de modo normal e a vácuo, pois as primeiras não conformidades foram detetadas em batata embalada a vácuo. Os resultados obtidos encontram-se apresentados na tabela 3.6.

Tabela 3.6 - Concentração de sulfitos em batata produzida nas mesmas condições com ou sem embalagem a vácuo. Análises realizadas no último dia da validade por laboratórios externos segundo o método de monier-williams.

Produto	Tipo de embalagem	Concentração de Sulfitos mg(SO ₂)/kg
Batata Rodelas	Normal	<10 (L.Q.)
	Vácuo	<10 (L.Q.)
Batata Cubos	Normal	<10 (L.Q.)
	Vácuo	<10 (L.Q.)
Batata Palitos	Normal	<10 (L.Q.)
	Vácuo	<10 (L.Q.)
Batata Gomos	Normal	<10 (L.Q.)
	Vácuo	19,7±4,3

Concluiu-se que o embalagem em embalagens a vácuo poderá ter alguma influência no aumento da concentração de sulfitos no produto final, logo, para produção de lotes com este modo de embalagem, a quantidade de metabissulfito a ser utilizada na solução de tratamento antioxidante deverá ser reduzida ainda para valores mais baixos. Sugere-se para cerca de metade devido ao resultado obtido para batata gomos. Uma redução tão grande na concentração de sulfitos no produto não deverá ter impacto negativo no escurecimento deste produto pois o vácuo é um método que também previne o escurecimento de batata de IV gama, atuando em conjunto com o metabissulfito de sódio para impedir o escurecimento enzimático do produto. No entanto, se este produto voltar a ser produzido na empresa (no momento em que se desenvolveu este trabalho não existia a sua produção), testes devem ser realizados antes do início da produção para confirmar se a redução para metade da quantidade de antioxidante será a melhor abordagem.

Foi ainda introduzida na empresa uma forma de determinar a concentração de sulfitos na solução de tratamento da batata. Existem variados métodos de determinação de sulfitos em águas, no entanto, na empresa em questão não está disponível material de laboratório, sendo necessário encontrar um método muito simples de executar. Foi adquirido, portanto o Estojo de Testes para Sulfitos HI3822 da marca HANNA Instruments. Este estojo mede sulfitos na gama dos 0 aos 200 mg/L, sendo necessário realizar uma diluição da solução de tratamento antioxidante para determinar a sua concentração através deste método. Foi definida uma diluição de 50 mL de solução antioxidante para 1L de solução. A sua utilização foi essencial neste estudo para determinar a concentração de sulfitos nas soluções de tratamento antioxidante e é uma ferramenta que pode ser utilizada pelo controlo de qualidade da empresa sempre que haja necessidade de confirmar ou verificar a quantidade de sulfitos presente na solução de tratamento da batata.

Foram ainda adicionadas ao plano periódico de análises da empresa duas análises mensais à quantidade de sulfitos em duas amostras de batata, por norma uma amostra

de batata inteira e uma amostra de batata cortada, para averiguar se a quantidade presente se encontra dentro do previsto e detetar alguma possível discrepância, evitando lotes não conformes.

3.2. Revisão Documental

Quanto à documentação disponível, como já foi referido, o procedimento de tratamento de batata com antioxidante foi atualizado com as alterações ao procedimento referidas e apresenta agora uma descrição mais detalhada e com imagens ilustrativas de cada passo do processo, e foi também traduzido para inglês e tailandês, para facilitar a sua compreensão por parte dos operadores. O documento de registo das quantidades de antioxidante usadas foi também traduzido para os idiomas referidos. A sua forma de preenchimento foi também alterada, de modo que seja possível relacionar a quantidade de batata produzida com a quantidade de antioxidante adicionada ao tanque. Anteriormente o registo só apresentava a quantidade total diária de antioxidante usada e de batata tratada. Para validar a quantidade de metabissulfito registada pelos operadores, começou a ser realizado um inventário semanal de quantos sacos de cada gramagem de antioxidante são gastos por semana. Com isto, pretendia-se verificar se existia alguma discrepância entre a quantidade registada e a quantidade efetivamente gasta.

No âmbito de uma auditoria de BRC, todos os documentos relativos à produção de batata de IV gama (e outros) foram revistos, e foi adicionado uma planta com o percurso efetuado pelo metabissulfito quando chega uma nova remessa à empresa (por ser alérgico).

3.3. Redução da Quantidade de Sulfitos

3.3.1. Determinação da Gama de Concentrações a Utilizar

Após a aplicação das medidas descritas acima, um dos desafios deste trabalho foi encontrar uma gama de concentrações de metabissulfito na solução antioxidante ideal para que se impeça o escurecimento enzimático da batata no tempo de prateleira pretendido (7 dias), sem nunca transgredir o limite legislado (50mg/kg) no produto final, e idealmente sem atingir os 10mg/kg que se sabe despoletarem reações em pessoas com hipersensibilidade aos sulfitos (“Regulamento (UE) nº1129/2011,” 2011).

A concentração máxima na solução para garantir a segurança do produto e um teor de sulfitos na batata inferior ao limite quantificável do método de Monier Williams encontrava-se previamente definida de estudos anteriores realizados na empresa como sendo de 2000 mg/L (0,2%).

Com análises realizadas por laboratórios externos, foi possível confirmar que ao utilizar uma concentração próxima de 2000 mg/L de sulfitos na solução antioxidante, as batatas, produzidas segundo o procedimento atualizado, ficam com um teor de sulfitos abaixo do limite de deteção do método, que será o objetivo da empresa.

Para determinar a concentração mínima de metabissulfito necessária para garantir que as batatas não escureçam no tempo de prateleira pretendido, foram realizados em pequena escala, tratamentos a batatas utilizando soluções com concentrações gradualmente menores de metabissulfito, descrito em 2.1.1.1.

Com a análise visual destes produtos, foi possível determinar que a concentração mínima necessária para garantir uma cor atrativa do produto final (classificação I) é de 800 mg/L (0,08%), tendo as batatas tratadas com concentrações de 600 mg/L revelado algumas zonas de escurecimento enzimático (classificações II e III). À grande escala, foi definida a concentração de 1000 mg/L como mínima para garantir a qualidade do produto, pois o grande volume de água e de produto por vezes dificulta a homogeneização da solução e esta margem permite ainda evitar que exista escurecimento de alguns lotes de batata que eventualmente possuam uma maior tendência de escurecimento enzimático, pois este pode variar entre as diversas variedades de batata utilizadas (Ma et al., 2010).

Assim, a gama de concentrações definida como ideal para tratar a batata foi definida entre os 1000 mg/L e os 2000 mg/L.

3.3.2. Implementação das Quantidades Adequadas

Devido ao erro de determinação de volume da água no tanque, foi possível verificar de imediato que a quantidade adicionada anteriormente aos tanques resultaria numa concentração ligeiramente acima do valor pretendido, logo, foram corrigidas as gramagens adicionadas para que a concentração se mantenha abaixo dos 2000 mg/L. Foi proposta a diminuição da quantidade adicionada de 1,8 kg por tanque para 1,5 kg por tanque. Os 1,8kg já permitiriam uma margem de segurança de 225 mg/L até aos 2000 mg/L, não sendo problemáticos no tanque com 800L de volume. No entanto, tendo em conta o volume de 600L do tanque de inteiros, resultaria numa concentração de 3000 mg/L na solução, que se encontra muito acima do pretendido. No entanto, no tanque de 600L ainda poderia haver um excesso.

Após os estudos realizados optou-se por adicionar aos tanques uma quantidade de metabissulfito que resulte numa concentração de cerca de 1700 mg/L (1kg ao tanque de inteiros com 600L e 1,4kg ao tanque de cortados com 800L), deixando uma margem de cerca de 250-350 mg/L até ao limite máximo.

Outro ponto que necessitava de ser bem esclarecido no procedimento e não o estava seria a quantidade de batata que pode ser tratada em cada tanque até que seja necessário adicionar mais metabissulfito e qual a quantidade que deve ser adicionada. Para tal, fez-se um estudo da avaliação da concentração da solução em relação à quantidade de batata que estava a ser tratada no tanque. Este estudo foi realizado tanto em pequena escala como também medindo a concentração no próprio tanque ao longo de um dia de produção, cujos alguns resultados se podem observar na tabela 3.7.

Tabela 4 - Concentração de sulfitos (mg/L) da solução de tratamento antioxidante ao longo da produção de batata de IV gama com indicação da quantidade de antioxidante adicionada ao tanque e da quantidade de batata já mergulhada na solução.

Produto	Metabissulfito Adicionado (kg)	Batata Tratada - Total (kg)	Concentração de Sulfitos (mg/L)
Batata Forno – Tanque de Inteiros	1,0	0	1600 ± 40
		640	1760 ± 40
		1350	1520 ± 40
		1920	1100 ± 40
	+0,5 (Reforço)	1920	2160 ± 40
Batata Inteira – Tanque de Inteiros	1,0	0	2000 ± 40
		1280	2000 ± 40
		1980	2100 ± 40
		2160	1720 ± 40
		2600	1800 ± 40
Batata Rodelas – Tanque de Cortados	1,4	0	1640 ± 40
		500	1800 ± 40
		1000	1400 ± 40
	+0,5 (Reforço)	1000	1720 ± 40

No tanque de tratamento de cortados, a concentração de sulfitos na água diminuiu rapidamente. Tal dever-se-á à maior área de exposição da batata na solução. Após o tratamento de 1000 kg de batata, a concentração de sulfitos na solução diminuiu para 1400 mg/L, tendo-se adicionado mais 0,5 kg de antioxidante e homogeneizado a solução (reforço). Após essa adição e antes de se prosseguir com o tratamento de batata, a concentração aumentou para os 1720 mg/L, mostrando que a quantidade de antioxidante utilizada no reforço foi adequada. No tanque de tratamento de cortados é, portanto, importante reforçar a solução adicionando 0,5kg de metabissulfito a cada 1000 kg de batata tratada.

No caso do tanque de tratamento de batata inteira, não existe uma degradação tão rápida do metabissulfito na solução, mantendo-se a sua concentração até bastante estável. No entanto, durante o estudo foram detetadas situações em que a concentração diminuiu rapidamente, nomeadamente quando se realiza o tratamento de batata forno, que possui uma área de exposição maior por possuir um menor calibre. Assim, definiu-se que deve ser realizado um reforço da concentração após o tratamento de 3000 kg de batata inteira, pois após o tratamento de 2600 kg podemos verificar na tabela 10 que a concentração de sulfitos na solução ainda se mantém nos 1800 mg/L. No entanto, se a batata a tratar for batata forno, este deve ser realizado após o tratamento de 1500 kg de batata, pois podemos observar na tabela 10 que após o tratamento de 1920 kg de batata

forno a concentração de sulfitos na solução (1100 mg/L) já se encontra demasiado próxima do limite mínimo definido (1000 mg/L). A quantidade de metabissulfito a utilizar deve ser também menor do que a utilizada no tanque de tratamento de cortados para que não se atinja um valor acima dos 2000 mg/L. Para definir este valor realizou-se um estudo que consistiu na adição progressiva de quantidades de 100g de metabissulfito de sódio ao tanque para monitorizar qual a quantidade ideal para realizar o reforço. Os resultados encontram-se na tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Concentração de sulfitos na solução de tratamento antioxidante no tanque de tratamento de inteiros em mg/L com reforços sucessivos de 0,1 kg de antioxidante sem tratamento de batata entre as adições.

Produto	Metabissulfito Adicionado (kg)	Concentração de Sulfitos (mg/L)
Reforço do tanque de Inteiros	1,0	1260 ± 40
	+0,1 (Reforço)	1600 ± 40
	+0,1 (Reforço)	1740 ± 40
	+0,1 (Reforço)	1880 ± 40
	+0,1 (Reforço)	2120 ± 40
	+0,1 (Reforço)	2240 ± 40

Através da análise dos dados obtidos na tabela anterior concluiu-se que o reforço do tanque de inteiros deve ser realizado com 300g de metabissulfito de sódio, pois é a maior quantidade que permite atingir um valor de concentração abaixo dos 2000 mg/L, valor que foi estipulado como máximo de concentração da solução.

Resumindo, concluiu-se que ao tanque de tratamento de inteiros, que possui um volume de água de 600 L, deve ser adicionada uma quantidade inicial de 1,0 kg de metabissulfito de sódio. Caso a batata a tratar seja batata inteira ou para sopa, deve ser realizado um reforço com mais 0,3 kg de antioxidante por cada 3000 kg de batata tratada na solução. Quando se realiza a produção de batata forno, o reforço deve ser realizado após o tratamento de 1500 kg de batata, com os mesmos 0,3 kg. No caso do tanque de tratamento de batata cortada, que possui um volume de água de 800 L, a quantidade inicial a ser adicionada é de 1,4 kg e deve ser realizado um reforço de 0,5 kg a cada 1000 kg de batata tratada na solução.

3.4. Eliminação da Utilização de Sulfitos

Uma das tendências da indústria alimentar atuais consiste na eliminação da utilização de aditivos químicos nos produtos alimentares devido à crescente preocupação dos consumidores em consumir alimentos que não prejudiquem a sua saúde. No entanto, esta eliminação deve ser acompanhada pela manutenção de características atrativas do produto, não sendo viável a comercialização de batata de IV gama sem a adição de qualquer

antioxidante ou utilização de qualquer método que evite o seu escurecimento enzimático. A melhor abordagem para eliminar a utilização de sulfitos na produção de batata de IV gama será, portanto, a sua substituição por alternativas que não desagradem ao consumidor. No entanto, essas alternativas têm de manter as características organoléticas do produto de forma que este seja apelativo ao consumidor e ir de encontro com os desígnios económicos e técnicos da sua utilização na empresa.

No âmbito deste estudo realizou-se, portanto, um levantamento de possíveis alternativas à utilização de sulfitos como agentes anti-escurecimento em batata de IV gama e testaram-se alguns antioxidantes disponíveis.

A utilização do vácuo como método para evitar o escurecimento enzimático da batata de IV gama é uma alternativa conhecida à utilização de sulfitos, já mencionada no capítulo 1.2.2. Este método já foi, no entanto, testado na empresa e abandonado pois não se mostrou suficiente para evitar o escurecimento do produto e levou inclusive a perda de produto devido ao seu escurecimento. Para a implementação deste método seria possivelmente necessária a aquisição de um aparelho mais eficaz para embalamento a vácuo do que o disponível na empresa e/ou a aquisição de embalagens mais resistentes para que não exista entrada de ar. Este tipo de investimentos pode tornar-se lucrativo a longo prazo tendo em conta as elevadas quantidades de batata produzidas, mas a má experiência passada da utilização deste método na empresa e o elevado valor de investimento inicial, aliado ao baixo preço a que é comercializada a batata de IV gama e à falta de certezas quanto à eficácia do método levam a que não exista entusiasmo por parte da empresa em realizar esse investimento.

Outros métodos que têm vindo a ser testados para substituir a utilização de sulfitos em batata de IV gama são métodos físicos com tratamentos térmicos, tratamentos com ultrassons e controlo da atmosfera de embalamento, tal como referido no capítulo 1.2.2. No entanto, para implementação destes métodos teria de existir também um grande investimento por parte da empresa em aparelhos para o efeito e no redesenho das linhas de produção e isso só pode ser feito após testagem da eficácia dos métodos, que não foi possível realizar durante este estudo devido a falta de recursos.

Os métodos alternativos à utilização de sulfitos que foram testados neste estudo consistiram na utilização de alguns antioxidantes disponíveis no mercado, indicados na literatura como eficazes na prevenção do escurecimento da batata de IV gama.

Em primeiro lugar realizaram-se amostras utilizando uma solução de tratamento antioxidante que apenas continha ácido ascórbico, um conhecido antioxidante que tem vindo a ser mencionado em estudos para um possível substituto de sulfitos, com a vantagem adicional de não ser considerado um alergénio. Foram testadas duas concentrações para este antioxidante - 0,8 %, a concentração utilizada habitualmente para prevenir o escurecimento enzimático da maçã (Sapers et al., 1989) e 1,8 %, uma concentração escolhida por ser bastante superior à que tem vindo a ser testada para utilização em batata de IV gama (Suttirak e Manurakchinakorn, 2010). No entanto, a sua utilização em ambas as concentrações não revelou resultados promissores. A batata desenvolveu uma coloração avermelhada (classificada como cor IV e V) que se pode observar na figura 3.1.



Figura 3.1 - Amostras de batata de IV gama tratadas com soluções com (A) 0,8 % de ácido ascórbico e (B) 1,8 % de ácido ascórbico após 4 dias em refrigeração.

Realizaram-se também amostras com a utilização de uma solução de tratamento antioxidante com 5 % de ácido ascórbico e 20 % de ascorbato de cálcio. Estas quantidades têm vindo a ser estudadas para prevenção do escurecimento enzimático da maçã de IV gama sem recorrer à utilização de outros métodos que são aplicados na empresa tais como o embalamento com atmosfera modificada (Aguayo et al., 2010). Esta mistura de antioxidantes revelou-se eficaz na prevenção de escurecimento enzimático da batata, como se pode ver na figura 3.2 (batata com cor I), no entanto, a sua aplicação tem de ser efetuada em quantidades muito elevadas, que levam à migração de fluídos para fora do produto, formando fluídos na embalagem como se pode observar na figura 3.2.(C).



Figura 3.2 - (A)(B) Amostras tratadas com 5 % de ácido ascórbico e 20 % de ascorbato de cálcio após 5 dias em refrigeração. (C) Destaque para fluídos que se formaram na embalagem.

Este tipo de quantidades não é possível implementar em grande escala, não apenas devido ao custo muito elevado, mas também devido a falta de espaço para armazenar uma quantidade tão elevada de antioxidantes na empresa. Para cada tanque de solução antioxidante preparado teriam de se adicionar cerca de 30 - 40 kg de antioxidantes, e são por norma preparados entre dois e quatro tanques por dia.

Existem ainda no mercado misturas de antioxidantes especificamente desenvolvidas para a sua utilização em batata de IV gama.

Um destes produtos consiste no kkplus, que foi testado durante este estudo. No entanto, os resultados não se revelaram promissores pois, na quantidade indicada pelos fabricantes (3 a 6 %), o produto não impediu o escurecimento enzimático da batata, como se pode observar nas imagens 3.3. (A) e (B), com produto com coloração V e IV. Revelou alguma ação anti-escurecimento numa quantidade maior que a aconselhada (30 %) - imagem 3.3.(C) (produto com coloração I), no entanto, a utilização destas quantidades não é viável pois torna-se muito dispendiosa e mesmo assim o produto final encontrava-se ligeiramente escurecido e com muitos fluidos na embalagem. Para além disso, ainda conferiu um odor atípico químico ao produto.



Figura 3.3 - (A) Batata tratada com 3 % kkplus apos 1 dia em refrigeração. (B) Batata tratada com 6 % kkplus apos 1 dia de refrigeração. (C) Batata tratada com 30 % kkplus após 7 dias em refrigeração.

Outro produto específico para a batata consiste no drywhite, que também foi testado, neste caso na concentração mínima indicada pelo fabricante (8 %), mas também não se mostrou eficaz, originando produto com coloração III e IV, como se pode observar na figura 3.4. Já não se realizaram testes com concentrações superiores porque o seu preço tornava a sua utilização demasiado dispendiosa para a empresa.



Figura 3.4 - Batata tratada com 8% drywhite apos 1 dia em refrigeração.

Estes antioxidantes poderão vir a ser testados não para eliminar totalmente, mas para diminuir a quantidade de sulfitos utilizada através da utilização conjunta de vários antioxidantes.

Sugere-se ainda que, caso exista um cliente disposto a pagar mais por este produto caso ele esteja livre de sulfitos, poderão ser produzidas em pequena escala batatas com tratamento realizado com ácido ascórbico e ascorbato de cálcio, pois são antioxidantes que se encontram disponíveis na empresa para outros fins e já há alguma indicação das quantidades necessárias a utilizar. O *kkplus* e o *drywhite* também podem ser utilizados para este fim, mas mais testes necessitam de ser feitos para padronizar a quantidade necessária e confirmar a sua eficácia.

Na produção atual da empresa e com os valores praticados, não se conseguiu encontrar para já uma boa alternativa à utilização de sulfitos. No entanto, os estudos feitos para a diminuição da sua concentração no produto final já apresentam uma melhoria para a saúde do consumidor e, caso todas as alterações propostas sejam cumpridas com rigor e se realize uma monitorização frequente, poderá retirar-se a menção "contém sulfitos" do rótulo do produto, pois as análises revelaram quantidades inferiores a 10mg/kg, o limite que exige a menção deste antioxidante no rótulo. No entanto a toma desta decisão deve ser muito ponderada pois qualquer desvio da dose prevista poderá despoletar uma reação de hipersensibilidade num consumidor e colocar em risco a sua saúde.

3.5. Análise Económica

A redução da quantidade de metabissulfito utilizado na empresa resulta não só na produção de um produto mais seguro como também numa diminuição dos custos de produção do mesmo.

Por dia, são produzidas em média cerca de 8 toneladas de batata de IV gama na empresa onde decorreu o presente estudo. Antes da implementação da redução da quantidade de metabissulfito adicionada aos tanques, por dia eram utilizados em média cerca de 7,8 kg de metabissulfito para a produção desta quantidade de batata. Com a redução implementada, passaram a ser utilizados em média por dia cerca de 5,3 kg de metabissulfito de sódio.

Num ano, esta redução corresponde a uma diminuição de cerca de 2 toneladas para cerca de 1,4 toneladas utilizadas pela empresa deste antioxidante. Isto traduz-se numa poupança anual de cerca de 444 euros na produção deste produto.

Para implementar a utilização da alternativa mais viável que foi estudada neste trabalho - a utilização de uma solução com 5 % de ácido ascórbico e 20 % de ascorbato de cálcio - para além das limitações de espaço de armazenamento de quantidades tão elevadas na empresa, pois seriam necessários no mínimo 70 kg destes antioxidantes por dia (considerando a preparação de dois tanques diários sem realizar reforços), o gasto monetário seria de mais de 224 000 euros anuais. Com a utilização de metabissulfito de sódio nas quantidades implementadas neste estudo o gasto anual é de cerca de 1036

euros, tornando óbvio que este antioxidante é de longe mais vantajoso economicamente. O baixo valor económico do produto final torna ainda mais imperativa a utilização de um método anti-escurecimento de baixo valor económico como é o caso do metabissulfito de sódio.

Para além da poupança vantajosa que se consegue com a diminuição da quantidade de sulfitos utilizada, também esta redução traz vantagens ambientais e de saúde. Com uma menor quantidade de sulfitos nas águas residuais produzidas pela empresa, existirá um menor gasto de recursos no tratamento dessas águas e na produção e importação do antioxidante.

Os consumidores estarão mais protegidos contra os efeitos adversos na saúde da presença de sulfitos no produto final que possam advir do seu consumo, mesmo que estes estejam presentes em quantidades inferiores ao limite máximo estipulado, e também os operadores que realizam o processamento da batata e os responsáveis de controlo de qualidade que realizam a pesagem dos antioxidantes na empresa poderão beneficiar de uma diminuição do contacto ocupacional com este antioxidante.

CONCLUSÃO

Foi possível concluir que com a utilização de concentrações mais baixas de metabissulfito é possível impedir o escurecimento enzimático da batata, no entanto, quando a matéria-prima não tem qualidade e tem tendência para ficar com manchas negras no tempo de prateleira, estas manchas ficam mais evidentes com a redução da concentração de metabissulfito. Este é um ponto negativo que a empresa deve aceitar e pode até permitir que lotes que vão enegrecer no tempo de prateleira fiquem escuros logo antes de irem para o cliente e isso pode permitir escolher a batata e não enviar produto sem qualidade porque este é detetado mais cedo.

Existem alternativas eficazes para a substituição da utilização de sulfitos em batata de IV gama, porém, devido à necessidade de serem utilizadas quantidades muito elevadas desses produtos e/ou devido ao seu elevado custo, não é ainda viável a sua implementação para a produção de um produto de baixo valor comercial como é o caso da batata.

Se forem seguidas as medidas implementadas com alto rigor, a quantidade de sulfitos presente no produto não excede os 10mg/kg no produto final, não sendo obrigatória a menção de que o produto contém sulfitos no seu rótulo. Esta ausência poderá diminuir o receio de alguns consumidores em adquirir o produto devido à presença de um conservante químico. Caso se retire esta menção do rótulo, é de extrema importância um rigoroso controlo a este parâmetro para não se correr um elevado risco de provocar reações alérgicas a indivíduos hipersensíveis aos sulfitos.

Por fim foi possível concluir que a quantidade de metabissulfito que se utilizava na solução antioxidante não seria muito excessiva em condições normais, no entanto, existem muitos processos durante a produção que podem conduzir a que o produto final retenha pontualmente uma quantidade excessiva deste antioxidante (baixa centrifugação, embalagem a vácuo, tempo excessivo da batata na solução, dificuldade em realizar a dissolução do metabissulfito, preparação de baixa quantidade de solução com quantidades não pesadas), sendo essencial diminuir a quantidade utilizada para uma gama mais segura de modo a prevenir tais ocorrências, e alterar o modo de realização de alguns passos da produção de modo a diminuir o risco de não conformidades e ter um maior controlo sobre a quantidade de sulfitos que ficam na batata.

BIBLIOGRAFIA

- Aguayo, E., Requejo-Jackman, C., Stanley, R., Woolf, A., 2010. Effects of calcium ascorbate treatments and storage atmosphere on antioxidant activity and quality of fresh-cut apple slices. *Postharvest Biol. Technol.* 57, 52–60. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2010.03.001>
- Ali, H.M., El-Gizawy, A.M., El-Bassiouny, R.E.I., Saleh, M.A., 2016. The role of various amino acids in enzymatic browning process in potato tubers, and identifying the browning products. *Food Chem.* 192, 879–885. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.100>
- Amaral, R.D.A., Achaerandio, I., Benedetti, B.C., Pujolà, M., 2017. The influence of edible coatings, blanching and ultrasound treatments on quality attributes and shelf-life of vacuum packaged potato strips. *LWT - Food Sci. Technol.* 85, 449–455. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.062>
- Andrade, M.A.; Barbosa, C.H.; Souza, V.G.L.; Coelho, I.M.; Reboleira, J.; Bernardino, S.; Ganhão, R.; Mendes, S.; Fernando, A.L.; Vilarinho, F.; Sanches Silva, A., Ramos, F. (2021) Novel Active Food Packaging Films Based on Whey Protein Incorporated with Seaweed Extract: Development, Characterization, and Application in Fresh Poultry Meat. *Coatings*, 11, 229. <https://doi.org/10.3390/coatings11020229>
- Ávila, A.C. de, Lopes, C.A., França, F.H., Reifschneider, F.J.. B., Henz, G.P., Buso, J.A., Furumoto, O., Melo, P.E. de, Fontes, R.R., Marouelli, W.A., Pereira, W., 1999. A cultura da batata, 1ª. ed, Coleção Plantar. Embrapa.
- Baldwin, E.A., Nisperos, M.O., Chen, X., Hagenmaier, R.D., 1996. Improving storage life of cut apple and potato with edible coating. *Postharvest Biol. Technol.* 9, 151–163. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(96\)00044-0](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(96)00044-0)
- Barbosa, C.H., Andrade, M.A., Vilarinho, F., Castanheira, I., Fernando, A.L., Loizzo, M.R., Silva, A.S. (2020) A new insight on cardoon: Exploring new uses besides cheese making with a view to zero waste, *Foods*, 9 (5), 564, <https://doi.org/10.3390/foods9050564>
- Camire, M.E., Kubow, S., Donnelly, D.J., 2009. Potatoes and human health. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 49, 823–840. <https://doi.org/10.1080/10408390903041996>
- Campos, H., Ortiz, O., 2019. The potato crop: Its agricultural, nutritional and social contribution to humankind, *The Potato Crop: Its Agricultural, Nutritional and Social Contribution to Humankind*. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-28683-5>
- Cheng, D., Wang, G., Tang, J., Yao, C., Li, P., Song, Q., Wang, C., 2020. Inhibitory effect of chlorogenic acid on polyphenol oxidase and browning of fresh-cut potatoes. *Postharvest Biol. Technol.* 168, 111282. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111282>
- De Oliveira, T.M., De Fátima Ferreira Soares, N., De Paula, C.D., Viana, G.A., 2008. Active packaging use to inhibit enzymatic browning of apples. *Semin. Agrar.* 29, 117–128. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2008v29n1p117>
- Deco Proteste, 2020. Como reduzir o Consumo de sulfitos nos Alimentos. URL <https://www.deco.proteste.pt/alimentacao/seguranca-alimentar/dicas/como->

- reduzir-o-consumo-de-sulfitos-nos-alimentos (acedido em março 2021).
- Decreto-Lei 78/2020, 2020. Diário da República 29 de setembro, 3–191.
- Decreto-Lei n.º 14/2016, 2016. Diário da República 9 de março, 752–768.
- Decreto-Lei n.º 156/2008, 2008. Diário da República de 7 de ag, 5329–5331.
- do Nascimento, R.F., Canteri, M.H.G., Rodrigues, S.Á., Kovaleski, J.L., 2020. Use of Sodium Metabisulphite and Ascorbic Acid to Control Browning in Ready-to-Eat Processed Potatoes during Prolonged Storage. *Potato Res.* 63, 615–625. <https://doi.org/10.1007/s11540-020-09461-1>
- Drywite, URL <https://drywite.co.uk/product-detail/DEW-20/Drywite-Enviro-wite> (acedido em junho 2021).
- FAO, 2019. FAOSTAT. URL <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (acedido em fevereiro 2021).
- FAO, 2008. The potato - International Year of the Potato 2008. URL <http://www.fao.org/potato-2008/en> (acedido em fevereiro 2021).
- Feng, Y., Liu, Q., Liu, P., Shi, J., Wang, Q., 2020. Aspartic Acid Can Effectively Prevent the Enzymatic Browning of Potato by Regulating the Generation and Transformation of Brown Product. *Postharvest Biol. Technol.* 166, 111209. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111209>
- Food Freshly EU, URL <https://www.food-freshly.eu/en/products/translate-to-english-fresh-cut-kartoffeln> (acedido em junho 2021).
- Food Freshly North America, URL <http://foodfreshly.com/kk-plus.html> (acedido em junho 2021).
- Hillery, B.R., Elkins, E.R., Warner, C.R., Daniels, D., Fazio, T., Balazs, P., Bosquez, M.H., Chaddha, R., Cordes, S., Couture, K., 1989. Optimized Monier-Williams method for determination of sulfites in foods: collaborative study. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.* 72, 470–475. <https://doi.org/10.1093/jaoac/72.3.470>
- INSA, 2019. Portfir: Tabela da Composição de Alimentos 4.1. URL <http://portfir.insa.pt/> (acedido em abril 2021).
- Lovatto, M.T., Bisognin, D.A., de O Treptow, R., Storck, L., Gnolato, F.S., Morin, G.J., 2012. Processamento mínimo de tubérculos de batata de baixo valor comercial. *Hortic. Bras.* 30, 258–265. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362012000200013>
- Ma, Y., Wang, Q., Hong, G., Cantwell, M., 2010. Reassessment of treatments to retard browning of fresh-cut Russet potato with emphasis on controlled atmospheres and low concentrations of bisulphite. *Int. J. Food Sci. Technol.* 45, 1486–1494. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2010.02294.x>
- Maurício, E., Rosado, C., Duarte, M.P., Fernando, A.L., Díaz-Lanza, A.M. (2020) Evaluation of industrial sour cherry liquor wastes as an ecofriendly source of added value chemical compounds and energy, *Waste and Biomass Valorization*, 11, 201–210, <https://doi.org/10.1007/s12649-018-0395-6>
- Pascoal, A., Quirantes-Piné, R., Fernando, A.L., Alexopoulou, E., Segura-Carretero, A. (2015), Phenolic composition and antioxidant activity of kenaf leaves, *Industrial Crops and Products*, 78, 116–123, 1 <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.10.028>
- Pires, J.R.A., Souza, V.G.L., Fernando, A.L. (2018) Chitosan/montmorillonite bionanocomposites incorporated with rosemary and ginger essential oil as packaging for fresh poultry meat, *Food Packaging and Shelf Life*, 17, 142–149, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.06.011>
- Porbatata - Associação da Batata de Portugal, 2016. URL www.porbatata.pt (acedido em fevereiro 2021).
- Regulamento (UE) nº1129/2011, 2011. . J. Of. da União Eur. 11 de novembro, 25.
- Robertson, T.M., Alzaabi, A.Z., Robertson, M.D., Fielding, B.A., 2018. Starchy carbohydrates in a healthy diet: The role of the humble potato. *Nutrients* 10.

- <https://doi.org/10.3390/nu10111764>
- Rodrigues, C., Souza, V.G.L., Coelho, I., Fernando, A.L. (2021) Bio-Based Sensors for Smart Food Packaging—Current Applications and Future Trends. *Sensors*, 21, 2148. <https://doi.org/10.3390/s21062148>
- Ru, X., Tao, N., Feng, Y., Li, Q., Wang, Q., 2020. A novel anti-browning agent 3-mercapto-2-butanol for inhibition of fresh-cut potato browning. *Postharvest Biol. Technol.* 170, 111324. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2020.111324>
- Sapers, G.M., Hicks, K.B., Phillips, J.G., Garzarella, L., Pondish, D.L., Matulaitis, R.M., McCormack, T.J., Sondey, S.M., Seib, P.A., Ei-Atawy, Y.S., 1989. Control of Enzymatic Browning in Apple with Ascorbic Acid Derivatives, Polyphenol Oxidase Inhibitors, and Complexing Agents. *J. Food Sci.* 54, 997–1002. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1989.tb07931.x>
- Severo, C., Anjos, I., Souza, V.G.L., Canejo, J.P., Bronze, M.R., Fernando, A.L., Coelho, I., Bettencourt, A.F., Ribeiro, I.A.C. (2021) Development of cranberry extract films for the enhancement of food packaging antimicrobial properties. *Food Packaging and Shelf Life*, 28, 100646. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2021.100646>
- Souza, V.G.L., Pires, J.R.A., Rodrigues, C., Rodrigues, P.F., Lopes, A., Silva, R.J., Caldeira, J., Duarte, M.P., Fernandes, F.B., Coelho, I.M., Fernando, A.L. (2019) Physical and Morphological Characterization of Chitosan/Montmorillonite Films Incorporated with Ginger Essential Oil, *Coatings*, 9 (11), 700, <https://doi.org/10.3390/coatings9110700>
- Souza, V.G.L., Pires, J.R.A., Rodrigues, P.F., Lopes, A.A.S., Braz-Fernandes, F.M., Duarte, M.P., Coelho, I.M., Fernando, A.L. (2018a) Bionanocomposites of chitosan/montmorillonite incorporated with *Rosmarinus officinalis* essential oil: Development and physical characterization, *Food Packaging and Shelf Life*, 16, 148–156, <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.03.009>
- Souza, V.G.L., Pires, J.R.A., Vieira, E.T., Coelho, I.M., Duarte, M.P., Fernando, A.L. (2018b) a Shelf life assessment of fresh poultry meat packaged in novel bionanocomposite of chitosan/montmorillonite incorporated with ginger essential oil, *Coatings*, 8 (5), 177, <https://doi.org/10.3390/coatings8050177>
- Suttirak, W., Manurakchinakorn, S., 2010. Potential Application of Ascorbic Acid, Citric Acid and Oxalic Acid for Browning Inhibition in Fresh-Cut Fruits and Vegetables. *Walailak J. Sci. Technol.* 7, 5–14.
- Vally, H., Misso, N.L.A., 2012. Adverse reactions to the sulphite additives. *Gastroenterol. Hepatol. from Bed to Bench* 5, 16–23. <https://doi.org/10.22037/ghfbb.v5i1.221>

A.

HI3822 Estojo de testes para sulfitos

Para medição do teor de sulfitos presente na solução de tratamento antioxidante da batata, foi utilizado o Estojo de testes para sulfitos, cujo modo de utilização vem descrito abaixo.

A solução era recolhida diretamente do tanque (1,5 L), homogeneizada, e retiravam-se 50 mL, que eram diluídos para 1 L de solução.

Desta solução, transferiam-se 5 mL para o copo graduado do estojo, e seguia-se o protocolo seguinte seguindo os passos para "gama alta".

Manual de Instruções

HI3822

Estojo de testes para sulfitos



Estimado Cliente,

Obrigado por escolher um produto Hanna Instruments.

Por favor leia atentamente este manual de instruções antes de utilizar o estojo de testes químicos. Este manual fornece-lhe a informação necessária para o correto uso do estojo.

Retire o estojo de testes químicos da embalagem e examine-o cuidadosamente de modo a assegurar-se que não ocorreram danos durante o transporte. Em caso de verificar danos, notifique o revendedor.

Cada estojo é fornecido com:

- Solução Ácido sulfâmico, 1 frasco conta-gotas (30 ml);
- Reagente EDTA, 1 frasco com conta-gotas (30 ml);
- Solução Ácido sulfúrico, 1 frasco conta-gotas (15 ml);
- Indicador Starch, 1 frasco conta-gotas (10 ml);
- Solução titulante reagente HI3822-0, 1 frasco (120 ml);
- 2 copos calibrados (20 & 50 ml);
- 1 seringa calibrada com ponteira.

Nota: Qualquer item defeituoso deve ser devolvido nas suas embalagens originais com os acessórios fornecidos.

Especificações

Gama	0 a 20 mg/L (ppm) Na_2SO_3 0 a 200 mg/L (ppm) Na_2SO_3
Incremento menor	0,2 mg/L (ppm) Na_2SO_3 2 mg/L (ppm) Na_2SO_3
Método de análise	Método iodométrico – Titulação
Tamanho da amostra	5 ml e 50 ml
Número de testes	110 (média)
Dimensões da mala	260x120x60 mm
Peso de transporte	910 g

Significado e uso

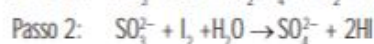
Existem muitas razões para supervisionar a concentração de sulfitos na água. Nas aplicações industriais, uma concentração de sulfitos de aproximadamente 20 mg/L deve ser mantida de modo a prevenir a corrosão e a oxidação de componentes metálicos como nas águas de efluentes. Um alto nível de sulfitos resulta numa baixa de pH, e assim na promoção de corrosão. A supervisão dos sulfitos é importante no controle ambiental. Os iões de sulfitos são tóxicos para formas de vida aquática e a sua capacidade de retirar oxigénio dissolvido na água destruirá o equilíbrio delicado da ecologia de lagos, rios e lagoas.

O estojo de testes para sulfitos da Hanna torna o seu supervisionamento fácil, rápido e seguro. O seu tamanho compacto oferece ao utilizador versatilidade para o usar praticamente em qualquer local. O modo como foi concebido torna quase impossível o derrame dos reagentes e como tal reduz a possibilidade de danos em materiais.

Nota: mg/L é equivalente a ppm (partes por milhão).

Reação química

É utilizado um método iodométrico. Os iões de iodeto reagem com os iões iodato na presença de ácido sulfúrico formando iodo (Passo 1). Os sulfitos presentes na amostra de água reduzem então o iodo a iodeto (Passo 2). Um excesso de iões de iodato gama iodo adicional, o que originará um complexo azul com amido. Esta alteração de cor determina o ponto final desta titulação.



ISTK3822R3_09_05_02/19

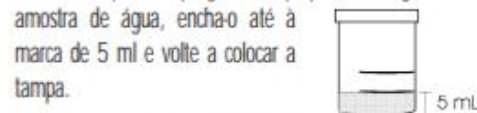
Instruções

LEIA TODAS AS INSTRUÇÕES ANTES DE USAR O ESTOJO DE TESTES. VEJA A PÁGINA SEGUINTE PARA O PROCEDIMENTO ILUSTRADO

Nota: Empurre e rode a extremidade da pipeta na extremidade pontiaguda da seringa assegurando um bom encaixe.

GAMA ALTA — 0 a 200 mg/L Na_2SO_3

- Retire a tampa do copo graduado pequeno. Enxague com amostra de água, encha-o até à marca de 5 ml e volte a colocar a tampa.
- Adicione 4 gotas de cada solução ácido sulfâmico e reagente EDTA através do orifício na tampa e misture agitando o copo cuidadosamente em pequenos círculos.



- Adicione 2 gotas de solução de ácido sulfúrico através do orifício na tampa e misture como descrito acima.



- Adicione 1 gota de indicador Starch através do orifício na tampa e misture.



- Pegue na seringa de titulação e empurre o êmbolo completamente para dentro da seringa. Insira a sua extremidade na solução titulante reagente HI3822-0 e puxe o êmbolo para fora até que o vedante esteja na marca 0 ml da seringa.



- Coloque a seringa no orifício da tampa do copo plástico e lentamente adicione gota a gota a solução de titulação, agitando circularmente para misturar após cada gota. Continue a adicionar a solução de titulação até que a solução no copo plástico passe de incolor a azul.

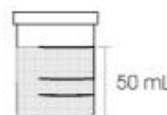


- Leia os mililitros de solução de titulação na escala da seringa e multiplique por 200 para obter sulfito de sódio em mg/L (ppm).

$$\text{Syringe Reading} \times 200 = \text{Na}_2\text{SO}_3$$

GAMA BAIXA — 0 a 20 mg/L Na_2SO_3

- Se os resultados são inferiores a 20 mg/L, a precisão do teste pode ser melhorada do seguinte modo: Retire a tampa do copo plástico grande. Enxague com a amostra de água, encha-o até à marca de 50 ml e volte a colocar a tampa. Prossegue com o teste como descrito anteriormente e multiplique os valores na escala da seringa por 20 para obter o sulfito de sódio na amostra em mg/L.



$$\text{Syringe Reading} \times 20 = \text{Na}_2\text{SO}_3$$

Referências

1987 Annual Book of ASTM Standard, Volume 11.01 Water (1), páginas 732-736.

Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20.^a Edição, 1998, páginas 4-173.

Ficha de dados de segurança

Os químicos contidos neste estojo de testes podem ser prejudiciais se manuseados incorretamente. Leia a ficha de dados de segurança antes de efetuar os testes.

HI3822 ESTOJO DE TESTES PARA SULFITOS

1 50 mL 0-20 mg/L 5 mL 0-200 mg/L	2 Sulfamic Acid x 4 EDTA Reagent x 4	3 Sulfuric Acid x 2
4 Starch Indicator x 1	5 HI 3822-0 Titrant	6 5 ml de amostra $x \times 200 = \text{mg/L Na}_2\text{SO}_3$ 7 50 ml de amostra $x \times 20 = \text{mg/L Na}_2\text{SO}_3$

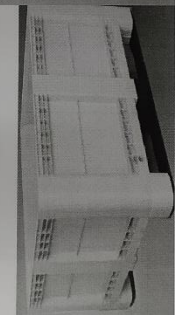
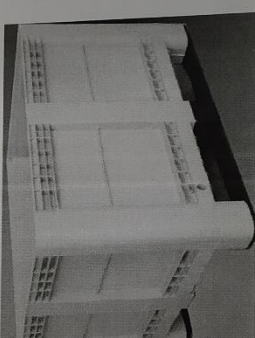
B.

Procedimento de Aplicação - Antioxidante na Batata



Procedimento de Aplicação - Antioxidante da Batata




1º Encher um palote com água até meio;
 2º Deixar cair a totalidade da batata a tratar;
 3º Encher a restante quantidade de água que falte;
 4º Deitar a seguinte quantidade de **Metabissulfito**:
 5º Misturar bem o **Metabissulfito** com o ponto de ar comprimido;
 6º As últimas batatas a cair no palote, devem permanecer pelo menos **15min.** em contacto com a solução;
 7º Embalar manual ou automático.

Recipiente	Antioxidante
Balde ± 50 Kg	80g
Palote pequeno ± 120 Kg	200g
Palote Médio ± 220 Kg	350g
Palote grande ± 350 a 400Kg	600g
Linha de Descasque de Inteiros	1.8kg

IMPORTANTE:

- O Metabissulfito fica arrumado na sala de antioxidantes, só recolhem a quantidade estritamente necessária para batata a tratar;
- Aplicar o produto na batata, e lavar as mãos quando for contactar com outros produtos (cenoura ou cebola);
- Lavar bem os palotes após utilização com batata, registar a quantidade de antioxidante utilizada e recolher metabissulfito não necessário, arrumando-o na sala de antioxidantes.

Produzido por: Délio R. e Daniela F.	4ª Gama - CPROC-COP-6.1.15	05/11/2015
Autorizado Por: Administração	Versão 02	1



CONTRIBUTO PARA A REDUÇÃO DA UTILIZAÇÃO DE
SULFITOS COMO ANTIOXIDANTE EM BATATA DE IV GAMA

DANIELA CRISTINA ANDRÉ
FELISMINO