



Influência dos processos de cura e conservação nas características da batata (*Solanum tuberosum* L.) cv. Monalisa para cozer

Inês Pinheiro da Silva Carreira Rodrigues

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em

Engenharia Agrónómica

Especialização em Horto-fruticultura e Viticultura

Orientadores: Doutora Mariana da Silva Gomes Mota

Doutora Margarida Gomes Moldão Martins

Júri:

Presidente: Doutora Cristina Maria Moniz Simões de Oliveira, Professora Associada com agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais: Doutor João Carlos da Silva Dias, Professor Associado com agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Doutora Mariana da Silva Gomes Mota, Técnica Superior do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa

Lisboa, 2016

Agradecimentos

Agradeço à doutora Mariana Mota por todo o apoio dado ao longo da realização desta tese. Pelo que me ensinou pacientemente, pela sua amizade, dedicação e preocupação no acompanhamento em todas as etapas deste trabalho.

À professora doutora Margarida Moldão agradeço a ajuda ao longo deste trabalho, e o entusiasmo em juntar os mundos das engenharias agronómica e alimentar.

Ao senhor Sérgio Silva quero agradecer a disponibilidade no acompanhamento nas visitas à fábrica e ao campo, assim como a cedência das batatas e de outros materiais essenciais à realização desta tese.

Ao engenheiro Pedro Quintino agradeço a disponibilidade apresentada no acompanhamento das visitas de campo ao local onde esteve instalada a cultura da batata, e a cedência de dados e informações úteis ao trabalho.

Agradeço à doutora Vicelina Sousa pela sua ajuda e entusiasmo em estudar uma espécie que não lhe era tão conhecida, durante as várias semanas em que me ensinou e trabalhou comigo em microscopia ótica.

Ao professor doutor José Carlos Rodrigues pela sua ajuda e colaboração nas análises da composição de amostras de batata, assim como à doutora Ana Alves, à engenheira Rita Simões, ao Juan e ao Gonçalo pela ajuda no laboratório durante as preparações dessas amostras.

Ao professor doutor Henrique Ribeiro e ao Miguel Martins pelo apoio dado na parte das análises de nutrientes.

Ao professor doutor Francisco Abreu, agradeço o termómetro emprestado para as medições das temperaturas do solo.

À Diana e ao Daniel agradeço toda a ajuda e boa disposição no laboratório, com o processamento mínimo das batatas.

À D. Nídia, pela companhia sempre presente no laboratório e pela sua ajuda em algumas tarefas desta tese.

A todos os meus amigos e amigas, que me ajudaram ao longo desta tese e deste curso a atingir cada etapa que nos foi surgindo, da forma mais alegre e positiva possível um muito obrigada. Agradeço em particular à minha amiga Sara, pela enorme ajuda na recolha das amostras no campo durante o Verão e por todo o apoio que me deu.

Ao David, pela amizade incondicional e pela presença e ajuda constante em todos os momentos, não só desta tese, mas também deste curso, nos últimos cinco anos.

À minha família, em especial, aos meus queridos pais e aos meus queridos irmãos Miguel e Nuno, às minhas cunhadas Rita e Maria e aos meus sobrinhos Vasco e Carminho obrigada por me darem sempre tudo o que está ao vosso alcance, para que eu até agora tenha podido completar a minha vida pessoal e académica com sucesso e amor, da melhor forma possível.

Resumo

Este trabalho analisou a influência dos processos de cura e conservação no comportamento que a batata (*Solanum tuberosum* L.) cv. Monalisa manifesta após o processo de cozedura. Foram analisadas 8 amostras de batatas, colhidas em diferentes datas e sujeitas a diversos tempos e tipos de cura (natural no solo ou a 16°C em câmara de crescimento) e dois tipos de conservação (temperatura ambiente ou a 4°C). As análises efetuadas incidiram sobre as propriedades químicas e morfológicas da casca e polpa dos tubérculos. Analisaram-se na casca os teores de compostos fenólicos. Na polpa avaliaram-se as atividades das enzimas PPO (polifenoloxidase) e PAL (fenilalanina-amoniase), os teores de matéria seca, de açúcares redutores (glucose e frutose), de amido e proteínas e os teores de alguns nutrientes (destacando-se o cálcio). As análises morfológicas consistiram nas medições da área, perímetro e alongamento de células dos diferentes tecidos da polpa, e na observação da distribuição dos grânulos de amido nos mesmos. Foi também efetuado o processamento mínimo (descasque, descontaminação e embalamento) e cozedura das batatas de cada amostra, para análise da textura dos diferentes tubérculos.

A cura a 16°C parece ter afetado o teor de matéria seca (embora não com significância estatística) sugerindo um aspeto agronomicamente relevante, também já referido por outros autores. A cura promoveu um aumento das atividades enzimáticas avaliadas, podendo ser benéfica para a cicatrização dos tubérculos. No entanto, atividades muito altas verificadas a 4°C, que podem conduzir a processos de acastanhamento, sugerem que esta temperatura não será adequada para a conservação. Os tubérculos colhidos mais tarde (mais maduros) apresentaram células de maiores dimensões, maior teor de amido e menor teor de açúcares redutores, do que amostras colhidas mais cedo. Estas diferenças encontradas parecem em conjunto contribuir para conferir aos tubérculos mais maduros uma textura menos compacta (maior desagregação) depois de cozidos.

Palavras-chave: Batata (*Solanum tuberosum* L.) cv. Monalisa; cura; processamento mínimo; cozedura; textura.

Abstract

The present work studied the effect of the curing and conservation processes on the behaviour of the potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Monalisa after being cooked. For this purpose, analysis were carried out on 8 potato samples, harvested at different dates, that were exposed to different curing times and types (natural or at 16°C in a growth chamber) as well as two types of storage (ambient temperature or 4°C). The analyses focused on the chemical and morphological properties of the tubers skin and pulp. The phenolic compounds were analysed on the skin. On the pulp, the activity of the PPO (polyphenol-oxydase) and PAL (phenylalanine-ammonia-lyase) enzymes were quantified, as well as the dry-matter content, the reducing sugars (sucrose and fructose), the starch and proteins and also the content of some nutrients (with an emphasis on calcium). The morphological analyses comprised the measurement of the area, perimeter and cell elongation from the various pulp tissues, and the observation of their starch granules' distribution. The minimal processing (peeling, decontamination and packaging) was also performed, along with the cooking of the potatoes from each sample, for the purpose of analysing the textures of the different tubers.

Potato curing at 16°C seems to have affected their dry matter content (although it had no statistical significance) suggesting an agronomically relevant issue, previously referred by other authors. Curing lead to an increase of the enzymatic activities evaluated, and may be beneficial for tubers' wound healing. However, high activities registered at 4°C that may lead to browning processes, suggest that this temperature is not adequate to tubers' conservation. Tubers harvested later (more mature) presented larger cells, higher starch content and less reducing sugars' content, than samples harvested earlier. These differences appear to have contributed jointly, in mature tubers for a less compact texture (higher disintegration) after cooking.

Key words: Potato (*Solanum tuberosum* L.) cv. Monalisa; curing (wound healing); minimal processing; boiling; texture.

Índice

1.	INTRODUÇÃO	1
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1.	Origem da cultura da batateira.....	3
2.2.	Produção de batata no mundo e em Portugal	4
2.3.	Descrição botânica da batateira.....	5
2.4.	Morfologia do tubérculo.....	6
2.4.1.	A periderme da batata, a suberização e sua importância para o tubérculo.....	8
2.4.2.	As células da batata de acordo com a sua localização e relação com a distribuição do amido	9
2.5.	Composição química do tubérculo.....	10
2.5.1.	Compostos fenólicos e enzimas relacionadas (PPO e PAL)	11
2.5.2.	Proteínas	14
2.5.3.	Glúcidos.....	14
2.6.	Ciclo vegetativo e reprodutivo.....	17
2.7.	Condições edafoclimáticas mais favoráveis à cultura.....	18
2.8.	Fertilização	19
2.9.	Rega.....	21
2.10.	Operações culturais necessárias no cultivo da batata de indústria	22
2.11.	A cura das batatas e a suberização das camadas celulares	24
2.12.	Armazenamento dos tubérculos.....	25
2.13.	Problemas passíveis de ocorrer na fase pós-colheita	26
2.14.	A batata minimamente processada (IV gama).....	27
2.15.	Efeito da cozedura das batatas na sua textura.....	29
2.16.	Cultivares de batata. A cultivar Monalisa	30
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3.1.	Introdução.....	33
3.2.	Localização e caracterização edafo-climática da parcela do ensaio	33
3.3.	Amostragem	35
3.4.	Controlo analítico.....	38
3.4.1.	Teor de matéria seca da polpa.....	38
3.4.2.	Fenóis totais da casca.....	38
3.4.3.	Análises das enzimas PAL e PPO, e do teor de açúcares redutores da polpa das batatas	39
3.4.3.1.	Fenilalanina-amoniá-liase (PAL)	39
3.4.3.2.	Polifenoloxidase (PPO)	40
3.4.3.3.	Proteínas solúveis totais.....	40
3.4.3.4.	Açúcares redutores	41

3.4.4.	Análise a nutrientes: potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e boro (B)	41
3.4.5.	Microscopia ótica.....	42
3.4.6.	Espectroscopia de Infravermelho Próximo (FT-NIR) e de Infravermelho médio (FTIR) 42	
3.5.	Processamento mínimo das batatas	43
3.6.	Aptidão das batatas para a cozedura.....	44
3.7.	Análise estatística.....	45
4.	RESULTADOS e DISCUSSÃO	46
4.1.	Temperaturas do solo e cura	46
4.2.	Teor de matéria seca.....	49
4.3.	Compostos fenólicos da casca da batata	51
4.4.	Teor de Fenilalanina-amoníaco-liase (PAL).....	53
4.5.	Teor de polifenoloxidase (PPO)	56
4.6.	Proteínas solúveis totais dos tubérculos	58
4.7.	Açúcares redutores	59
4.8.	Análise morfológica	62
4.9.	Composição mineral.....	66
4.10.	Análise da composição química da batata por NIR e FTIR	67
4.11.	Aptidão da batata à cozedura	69
5.	CONCLUSÕES	70
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74
7.	ANEXOS.....	81

Índice de quadros

Quadro 1 – Classificação taxonómica da batata (Almeida, 2014).	3
Quadro 2 – Dimensão e forma dos grânulos de amido dos diferentes tecidos de tubérculos da variedade Russet Burbank (Rossignol & Rousselle-Bourgeois, 1999).....	10
Quadro 3 – Composição química da batata com base no seu peso fresco (Bradshaw & Ramsay, 2009; Instituto Nacional Dr. Ricardo Jorge, 2010 e Ezeta, 2008).	10
Quadro 4 – Exportação de macronutrientes pela cultura da batateira, com destino a conservação e consumo em fresco (kg/ha) (Zuang, 1981).	20
Quadro 5 – Exportações de macronutrientes, expressas em kg por tonelada de tubérculos ou tubérculos e parte aérea (Almeida, 2014).	20
Quadro 6 – Épocas de plantação e de colheita de batatas de conservação (Almeida, 2014). ...	23
Quadro 7 – Alguns métodos disponíveis para a extensão da vida de prateleira de produtos minimamente processados (Adaptado de Bansal <i>et al.</i> , 2015).	28
Quadro 8 – Características de <i>Solanum tuberosum</i> L. cv. Monalisa (MC Rios, 2011; NIVAP, 2011 e Silva <i>et al.</i> , 2007).....	32
Quadro 9 – Esquema das datas de recolha de amostras de batata no campo, dos tempos de cura a que as mesmas foram sujeitas (no solo ou em câmara a 16°C), dos tempos de armazenamento (à temperatura ambiente ou em câmara frigorífica a 4°C) e das operações efetuadas no laboratório do ISA. As análises químicas realizadas consistiram na quantificação da atividade da PPO, da PAL, dos açúcares redutores da polpa e ainda dos compostos fenólicos das cascas.	36
Quadro 10 – Descrição das amostras analisadas laboratorialmente ao longo do trabalho.	37
Quadro 11 – Datas das cozeduras de batatas colhidas em diferentes datas, seu tempo de cura, armazenamento e tipo de processamento mínimo a que foram sujeitas até à data da sua cozedura.....	44
Quadro 12 – Registos de temperaturas do solo do local onde o ensaio decorreu, medidas nos dias das saídas de campo, no momento de recolhas de amostras.....	46
Quadro 13 - Análise de variância realizada aos teores de MS presentes na polpa das batatas, correspondentes às amostras A a H ($\alpha= 0,05$).	49
Quadro 14 - Análise de variância realizada às quantidades de compostos fenólicos, presentes nas cascas de batatas, correspondentes às amostras A a H ($\alpha= 0,05$).	51
Quadro 15 - Análise de variância realizada às atividades da enzima PAL (unidades de PAL/h/mg de proteína total), presente nas polpas de batatas, correspondentes às amostras A a H ($\alpha= 0,05$).	53
Quadro 16 - Análise de variância realizada às atividades da enzima PPO, presente nas polpas de batatas, correspondentes às amostras A a H ($\alpha= 0,05$).	56
Quadro 17 – Teor de proteína (mg de proteína total/% MS) de 4 batatas, colhidas a 14 de julho e de 4 batatas colhidas a 25 de agosto de 2015.	59
Quadro 18 - Análise de variância realizada às quantidades de açúcares redutores (glucose e frutose), presente na polpa de batatas, correspondentes às amostras A a H ($\alpha= 0,05$).	59
Quadro 19 - Comparação de médias (Scheffé) das áreas, perímetros e alongamentos de células de diferentes regiões da polpa de batatas (n=80), das amostras A e G. Médias com letras diferentes são significativamente diferentes.	62
Quadro 20 – Teores de boro, cálcio, magnésio e potássio, apresentados em g/kg de batata (seca), presentes em tubérculos colhidos a 14 de julho e a 25 de agosto de 2015.....	66

Índice de figuras

Figura 1 – Área de distribuição da espécie <i>Solanum tuberosum</i> na América do Sul (Wikipedia, 2015).	3
Figura 2 – Produção mundial anual de batata, entre os anos 1993 e 2013 (FAO, 2015).	4
Figura 3 - Área (ha) cultivada de batata e produção de batata (t x 100) em Portugal, entre 1994 e 2013 (FAO, 2015).	4
Figura 4 – Batateira (<i>Solanum tuberosum</i> L.) (MahaGro, 2013).	5
Figura 5 – Batata-de-semente (Potato Council, 2014).	5
Figura 6 - Morfologia externa do tubérculo (Adaptado de Bouzo, 2008).	6
Figura 7 - Descrição da morfologia numa secção de um tubérculo de batata.	7
Figura 8 - Morfologia interna do tubérculo (Adaptado de Bouzo, 2008).	7
Figura 9 - Representação das camadas de células que compõem a epiderme da batata – felema, felogene e feloderme e das células corticais adjacentes (Adaptado de Lulai, 2007).	8
Figura 10 – Exemplo de imagem da região da periderme e do córtex de batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.) cv. Monalisa obtida por microscopia ótica, com apresentação dos grânulos de amido no interior das células.	9
Figura 11 - Consequências de fermentos ou cortes provocados nos tubérculos, nas fases de pós-colheita e processamento mínimo (Adaptado de Siddiqui & Rahman, 2015)	11
Figura 12 – Desaminação da L-fenilalanina, pela ação da enzima fenilalanina-amoníaco-liase (PAL), da qual se obtém o ácido trans-cinâmico e amoníaco (Hyun <i>et al.</i> , 2011).	12
Figura 13 - Formação de metabolitos secundários (fenóis) resultantes das reações da biossíntese dos fenilpropanóides. (Adaptado de Boubakri <i>et al.</i> , 2013).	12
Figura 14 – Ação da PPO nas formas creolase e catecolase, nas reações de hidroxilação de monofenóis em o-difenóis e de oxidação de o-difenóis em o-quinonas (Gertzen & Escobar, 2014)	13
Figura 15 – Exemplo de padrões de acastanhamento de batatas cruas, cortadas ao meio e expostas ao oxigénio do ar durante 0h, 24h e 48h, a temperatura ambiente (25°C). O escurecimento iniciou-se na região do anel vascular, avançando ao longo do tempo para os tecidos da região da medula (Adaptado de Chi <i>et al.</i> , 2014).	13
Figura 16 – Grânulos de amido no interior de células da batata cv. Monalisa, obtidas no microscópio eletrónico de bancada TM3030Plus.	16
Figura 17 - Fenologia da batateira (Adaptado de Marques, 2014).	17
Figura 18 – Campo de batata com sistema de rega por aspersão (Shutterstock, 2015).	22
Figura 19 – Terreno com cultura de batata instalada, armado em camalhões.	23
Figura 20 – Sequência de processos necessários para a obtenção de batatas minimamente processadas (Rocculi <i>et al.</i> , 2009).	27
Figura 21 – Batatas descascadas e lavadas, embaladas a vácuo.	28
Figura 22 – Influência do teor de matéria seca das batatas (<i>Solanum tuberosum</i> L. cv. Charlotte), na sua textura após cozidas: a) 18,4% de MS b) 20,7% c) 22,4% (Rousselle-Bourgeois & Rousselle, 1999).	30
Figura 23 - Variação do aspeto físico de batatas de diferentes variedades em termos de cor da casca e da polpa (Tucker Farms, 2015).	31
Figura 24 – Batatas da cultivar Monalisa: a) aspeto da cor da polpa depois de cozida; b) cor da casca de uma batata de final de ciclo; c) cor da polpa de uma batata crua.	31
Figura 25 - Fotografia aérea da área total do terreno (50 ha), onde estiveram instaladas as batateiras regadas por um pivot (Google maps, 2015).	33
Figura 26 – Temperaturas máximas, mínimas e médias, registadas entre os meses de Março e Agosto de 2015, na região do Montijo. Os valores para cada mês foram obtidos das médias das temperaturas diárias de cada mês (Tutiempo, 2014).	34
Figura 27 – Médias da precipitação (mm) e humidade relativa (%) diárias, registadas entre os meses de Março e Agosto de 2015, na região do Montijo (Tutiempo, 2014).	34
Figura 28 – Medição da temperatura do solo com recurso a um termómetro de solo.	35

Figura 29 – Preparação de fatias de polpa de batata para colocar a secar na estufa.	38
Figura 30 – a) tubos tipo eppendorf com o extrato da reação (casca moída, ácido fórmico, água e metanol); b) sonicação dos tubos; c) leituras no espectrofotómetro.	39
Figura 31 – a) Pedacos de polpa ralada para dentro do almofariz; b) Pó obtido, depois da polpa ser moída com azoto líquido, pronto a guardar no congelador.	39
Figura 32 – Exemplo de 4 cuvettes (cada uma contendo polpa de 1 das 4 batatas das repetições) com o extrato da PPO (polpa de batata, tampão sódio-fosfato, PVPP e catecol) no final das leituras no espectrofotómetro a 546 nm. A coloração acastanhada revela a atividade das PPO no acastanhamento da polpa de batata, depois de algum tempo exposto ao ar.....	40
Figura 33 – Soluções de diferentes concentrações de BSA e reagente de Bradford, prontas a ser lidas no espectrofotómetro.	41
Figura 34 – Secções das batatas que foram cortadas e preparadas para análises microscópicas das células (área, perímetro e alongamento).	42
Figura 35 – Tanque de descontaminação dos tubérculos (em cima). Sacos armazenados em câmara frigorífica, prontos a serem distribuídos aos clientes (abaixo).....	43
Figura 36 – Diferença de textura da periderme de batatas (<i>Solanum tuberosum</i> L.) cv. Monalisa colhidas em diferentes alturas do seu ciclo. À esquerda, batatas colhidas a 14 de Julho de 2015 e à direita a 25 de Agosto de 2015.	47
Figura 37 – À esquerda, aspeto da folhagem no dia 14 de julho de 2015 (início da seca natural da rama, começando a ganhar um tom amarelo) e à direita, aspeto do campo a 13 de agosto, 15 dias após a queima da rama (maturação comercial).	47
Figura 38 – Diferenças na casca das amostras D e E, com respetivamente, 15 dias de cura a 16°C e 15 dias de cura natural, iniciada no mesmo dia.....	48
Figura 39 – Diferenças entre os teores de matéria seca (%), entre as amostras A a H, que tiverem diferentes datas de colheita, tempo de cura e conservação.....	49
Figura 40 – Teor de compostos fenólicos presentes na casca de batatas das amostras A a H, medido em µg de ácido gálico/ g de casca fresca.	52
Figura 41 – Teor de PAL presente na polpa das amostras A a H, medido em unidades de PAL/h/mg de proteína total, quantificada pelo método de Bradford. Comparação de médias (LSD) da quantidade de PAL (n=4) presente em 8 amostras de batata diferentes (A a H). Médias com letras diferentes são significativamente diferentes.	54
Figura 42 – Teor de PPO presente na polpa das amostras A a H, medido em unidades de PPO/h/mg de proteína total, quantificada pelo método de Bradford. Comparação de médias (Tukey) da quantidade de PPO (n=4) presente em 8 amostras de batata diferentes (A a H). Médias com letras diferentes são significativamente diferentes.....	57
Figura 43 - Curva padrão com soluções de concentração conhecida de proteína BSA.	58
Figura 44 – Teor de açúcares redutores presente na polpa das amostras A a H, medido em µg de ácido D-glucurónico/mg de batata (polpa) seca. Comparação de médias (Tukey) da quantidade de açúcares (n=4) presente em 8 amostras de batata diferentes (A a H). Médias com letras diferentes são significativamente diferentes.	60
Figura 45 - Diferenças entre as áreas (µm ²) e perímetros (µm) de células de batatas colhidas a 14 de Julho de 2015 e a 25 de Agosto de 2015. Observaram-se 3 secções do tubérculo: exterior ao anel vascular; interior ao anel e medula central. Os valores médios foram obtidos a partir da medição de 80 células de cada uma das secções de batatas de cada data.	63
Figura 46 – Célula da região interior ao anel (zona perimedular) de uma batata colhida no dia 25 de Agosto de 2015. Pode ver-se a vermelho, a linha traçada para cálculo da área da célula, com o auxílio do software LAS. Esta célula tinha uma área de 24297,124 µm ² e grânulos de amido de grandes dimensões	64
Figura 47 - Imagem obtida através de microscopia ótica (escala 200µm) da região que abrange as células da periderme e do córtex, de uma batata da amostra A (à esquerda) e da amostra G (à direita).	65
Figura 48 – Projeção das amostras no primeiro plano principal, obtido da análise em componentes principais (<i>score plot</i>) dos espectros NIR. A azul-escuro e claro, representam-se	

as regiões de dentro e de fora do anel vascular, respetivamente, das batatas colhidas a 14 de Julho, e a vermelho e magenta as regiões de dentro e de fora de batatas colhidas a 25 de Agosto, respetivamente. A linha vermelha evidencia a separação das amostras.....	67
Figura 49 – Espectros obtidos pela leitura de diversas amostras de batata, no aparelho PLATINUM-ATR da Bruker, pela aplicação da técnica de Espectroscopia de Infravermelho Próximo (FT-NIR).	68
Figura 50 - Diferença de textura entre duas batatas, cozidas no mesmo volume de água, durante o mesmo tempo. À esquerda apresenta-se a batata colhida a 14 de Julho e à direita a batata colhida a 25 de Agosto de 2015.....	69
Figura 51 - Comparação de textura entre batatas das duas datas em análise, quando cozidas no dia 23 de Dezembro de 2015.	70
Figura 52 – Curva padrão, com soluções de concentração conhecida de ácido gálico.....	87
Figura 53 - Curva padrão com soluções de concentração conhecida de ácido D-glucurónico obtido através da reação com 2-cianoacetamida a 1% (Lourenço, 2014).	91
Figura 54 – Visualização de células da polpa de batata cv. Monalisa, com recurso a um microscópio ótico. A imagem obtida, encontra-se projetada num computador, que inclui um software que permite a realização de medições das células.....	93
Figura 55 - Leituras do pó de batata, no espectrofotómetro FT-NIR MPA da Bruker.	94
Figura 56 - Leituras do pó das duas secções das 16 batatas, no aparelho PLATINUM-ATR da Bruker.	95
Figura 57 – 18 batatas colhidas no dia 14 de Julho de 2015 (à esquerda) e 18 batatas colhidas a 25 de Agosto (à direita).	95
Figura 58 – Batatas lavadas apenas com água; descasque das batatas com descascador abrasivo elétrico; aspeto de quatro batatas depois de descascadas.	96
Figura 59 – Máquina de selar; embalagem no interior da máquina, com 3 batatas no seu interior; aspeto final da embalagem.	96

Índice de anexos

Anexo 1 - Caderno de campo da cultura da batata (<i>Solanum tuberosum</i> L.) cv. Monalisa.	82
Anexo 2 – Registos fotográficos da evolução do ciclo da cultura, a partir do momento em que se iniciou o estudo.....	84
Anexo 3 - Protocolo para a quantificação dos fenóis totais presentes na casca da batata	87
Anexo 4 – Protocolo para análise da atividade da PAL	88
Anexo 5 – Protocolo para análise da atividade da PPO	89
Anexo 6 - Protocolo para a quantificação dos açúcares redutores	90
Anexo 7 – Microscopia ótica para medição de área, perímetro e alongamento das células de diferentes secções das batatas.....	92
Anexo 8 – Análises de NIR (infravermelho próximo)	93
Anexo 9 – Análises de FTIR (infravermelho médio)	94
Anexo 10 – Processamento mínimo das amostras de batata	95

Lista de abreviaturas

AA	Ácido ascórbico
AC	Ácido cítrico
Amb.	Ambiente
ATR-FTIR	Attenuated total reflectance - Fourier Transform Infrared
Cons.	Conservação
cv.	Cultivar
FTIR	Fourier transform infrared
FT-NIR	Fourier transform near infrared
ISA	Instituto Superior de Agronomia
IV	Infra-vermelho
LTS	Low temperature sweetening
MS	Matéria seca
PAL	Fenilalanina-amonia-liase
PPO	Polifenoloxidase
T^a	Temperatura

1. INTRODUÇÃO

A batateira (*Solanum tuberosum* L.), originária da região montanhosa dos Andes, é uma espécie que faz parte da família das solanáceas. Até ao início dos anos 90 do século XX a maioria da batata era cultivada e consumida na América do Norte, na Europa e na antiga União Soviética. Recentemente tem-se registado um aumento significativo na produção de batata e na sua procura na Ásia, África, e América Latina. A batata é hoje em dia considerada a quinta cultura mais produzida no mundo para alimentação humana, existindo mais de 4000 cultivares edíveis registadas, e inúmeras outras não-edíveis, mas com elevado potencial genético. A importância global desta cultura tem levado à realização de numerosos estudos com este alimento (Anderson *et al.*, 2015).

De acordo com a FAO (2016), países cujos rendimentos da população são considerados baixos a médio-baixos, já conseguiram ultrapassar (2013) países de alto rendimento (maior PIB per capita), em termos de produção de batata. O mesmo autor refere que as batatas “alimentam os famintos” uma vez que consistem na fonte primária de energia em muitos países pobres, e produzem mais alimento mais rapidamente e em menos terra, do que qualquer outra cultura. Atualmente presenciamos um aumento crescente na produção de batata em países em desenvolvimento, com um bom potencial ainda para futuros aumentos na produção e no consumo, assim como para aumentar a segurança alimentar (FAO, 2016).

Existem diversas formas de cozinhar a batata, destacando-se os processos de fritar, grelhar, assar, e cozer (em água ou a vapor), por ordem preferencial dos consumidores (Farm Fresh Direct, 2012). De acordo com Anderson *et al.* (2015), no geral, a textura é a característica sensorial mais determinante na avaliação final da qualidade de uma batata, tanto sob o ponto de vista de provadores treinados para esta função, como não treinados. O mesmo autor refere que propriedades relacionadas com a textura, como a dureza e a consistência, consideram-se ser as características mais importantes entre os vários tipos de batata cozinhada, anteriormente referidos.

A textura da batata cozida é variável de acordo com vários fatores, tanto internos como externos, aos quais estes tubérculos são sujeitos desde a sua produção no campo até ao consumidor final. Fatores como o tipo de fertilização aplicada, a data de colheita da cultura, a realização ou não de dessecagem da rama, a decisão de efetuar cura dos tubérculos e o tipo de armazenamento (temperatura) dos mesmos, contribuem conjuntamente para fazer variar as características internas dos tubérculos. Entre estas, podem realçar-se a composição química (variável com a cultivar), o teor de matéria seca, o tamanho das células, o seu teor de amido e distribuição, a estrutura das paredes celulares e o modo como se dão as quebras entre as mesmas, durante a cozedura (Taylor *et al.*, 2007, Meyhuay, 2001 e Coffin *et al.*, 1987).

Tendo em conta a referida importância para os consumidores do tipo de textura que as batatas após cozidas apresentam, surgiu a necessidade e interesse na realização deste trabalho, cujo objetivo se centrou no efeito que em conjunto, algumas técnicas agronómicas e alimentares provocam na textura final de batatas cozidas da cultivar Monalisa.

Neste trabalho foi feito um seguimento da evolução dos tubérculos de batata desde o campo até à fase de indústria, no âmbito de uma questão colocada pelo responsável da fábrica BATCEL, que colaborou com este estudo, e que se encarrega diariamente do processamento mínimo das mesmas (lavagem, descasque, descontaminação e embalagem).

As batatas usadas neste trabalho foram recolhidas diretamente do campo de cultivo, analisadas nos laboratórios do ISA e processadas de modo semelhante ao que é feito na empresa “BATCEL comércio e indústria alimentar, Lda.”. Esta empresa, localizada na freguesia de Arruda dos Vinhos, é uma central recetora de produtos hortícolas (alhos, cenouras, cebolas e batatas) provenientes de campos de produção de diversas regiões, de dentro e de fora do país. A mesma encarrega-se de efetuar o processamento mínimo dos produtos e a sua distribuição aos clientes finais, que os utilizam através de diferentes processos de confeção.

O responsável da fábrica referiu ter tido problemas com lotes de batatas para cozer que tinham sido processados em 2014. Estas batatas revelaram ter um indesejado comportamento após a cozedura, ficando extremamente rijas, e tendo deixado os clientes finais insatisfeitos.

Neste contexto e não sabendo qual seria a razão para tal acontecimento, achou-se essencial para o tentar compreender, procurar saber onde e em que condições tinham sido produzidas as batatas. Foi sugerido pela empresa que o problema deveria estar associado à data em que, no campo, era tomada a decisão de efetuar a dessecagem da rama das batateiras (que provoca a morte precoce da mesma, e estimula o engrossamento da periderme dos tubérculos, através do processo de cura), uma vez que foi o único fator que variou entre os passados anos de produção, e apenas em 2014 surgiram problemas com alguns lotes.

Como em 2015 se decidiu novamente processar esta cultivar, dada a sua aptidão para a cozedura já comprovada em anos anteriores, surgiu então a oportunidade de tentar simular diversas opções de datas de dessecagem, e de controlar a cura das batatas (duração e temperatura), efetuando posteriormente o processamento mínimo das mesmas, nas condições o mais semelhantes possíveis às da fábrica.

As batatas foram colhidas em diversos momentos do seu ciclo, e portanto sob diferentes estados de maturação fisiológica. Depois, foram submetidas a diferentes tipos de cura (no solo ou em câmaras de crescimento com temperatura controlada) e de conservação (temperatura ambiente ou 4°C) e posteriormente foram analisadas a nível químico e morfológico. Estes parâmetros foram finalmente relacionados com o comportamento (textura) que estes tubérculos demonstraram ter face ao processo de cozedura.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Origem da cultura da batateira

A batateira teve a sua origem na região dos Andes, tendo surgido há cerca de 8000 anos em terrenos que rodeavam o lago *Titicaca*, localizado na base das montanhas andinas na região de fronteira entre a Bolívia e o Perú (FAO, 2008).

Esta cultura foi domesticada pelos Incas, tendo desempenhado um papel fulcral na sua alimentação. Foi durante a sua expansão pela América do Sul (Figura 1) que a batata chegou ao Chile, onde foi amplamente estudada e onde surgiu uma nova subespécie (*subsp. tuberosum*).

A espécie *Solanum tuberosum* (Quadro 1) está dividida atualmente em duas subespécies: *tuberosum* e *andigena*. A primeira corresponde à batata que é vastamente cultivada na América do Norte e na Europa visto que, por estar adaptada a condições climáticas de dias longos, consegue tuberizar sem restrições. Por outro lado, a subespécie *andigena* tem o seu cultivo exclusivamente na América Central e do Sul, uma vez que tuberiza apenas em condições de dias curtos (Almeida, 2014, Gardé & Gardé, 1988 e OECD, 1997).

Foi durante a conquista do império Inca pelos espanhóis que um povo europeu contactou com a batata pela primeira vez, tendo-a trazido e cultivado em Sevilha em 1570. Uns anos mais tarde foi também levada para Inglaterra, tendo depois começado a espalhar-se por toda a Europa a partir destes dois países. Foi considerada venenosa durante alguns anos, o que rapidamente se desmistificou aquando da ocorrência das greves de fome que tiveram lugar em períodos de crise no século XVII. Em Portugal o cultivo da batata terá sido iniciado em meados do século XIX (Almeida, 2014).

Ao longo dos anos a produção de batata foi crescendo em diversas regiões do mundo, tendo registado uma produção mundial de aproximadamente 350 milhões de toneladas em 2013 (FAO, 2015).



Figura 1 – Área de distribuição da espécie *Solanum tuberosum* na América do Sul (Wikipedia, 2015).

Quadro 1 – Classificação taxonómica da batata (Almeida, 2014).

Família	<i>Solanaceae</i>
Subfamília	<i>Solanoideae</i>
Tribo	<i>Solaneae</i>
Género	<i>Solanum</i>
Secção	<i>Petota</i>
Subsecção	<i>Potatoe</i>
Série	<i>Tuberosa</i>
Espécie	<i>Solanum tuberosum</i> L.

2.2. Produção de batata no mundo e em Portugal

A batata é a quinta cultura mais produzida no mundo a seguir à cana-de-açúcar, ao milho, ao trigo e ao arroz, tendo a sua produção mundial vindo a crescer significativamente nos últimos anos (350 milhões de toneladas em 2013), tal como se pode ver na Figura 2 (FAO, 2015). Nos últimos 13 anos, a Ásia (detentora de 42,8% da produção mundial de batata) tem-se mantido o continente líder da produção deste produto, seguida da Europa (38,3%), da América (12,3), de África (6,1%) e da Oceânia (0,5%). O maior produtor mundial de batata é a China, cujo registo de 2013 indica ter produzido mais de 95 milhões de toneladas (FAO, 2015).



Figura 2 – Produção mundial anual de batata, entre os anos 1993 e 2013 (FAO, 2015).

Em Portugal, em 2013, produziram-se 487646 toneladas de batata, numa área de 26758 ha (Figura 3), valor que tem vindo a aumentar desde 2010 (FAO, 2015). Em 2009 a região do Ribatejo e Oeste caracterizou-se por ser a maior área de produção de batata (5592 ha) seguida de Trás-os-Montes (4927 ha), da Beira-Litoral (2923 ha), do Entre-Douro-e-Minho (2059 ha), da Beira-Interior (1321 ha), do Alentejo (347 ha) e do Algarve (162 ha).

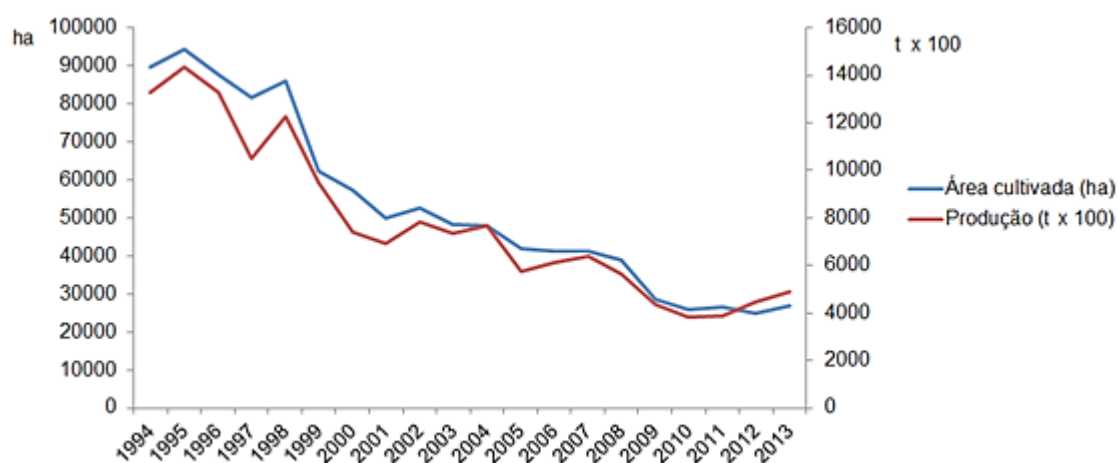


Figura 3 - Área (ha) cultivada de batata e produção de batata (t x 100) em Portugal, entre 1994 e 2013 (FAO, 2015).

2.3. Descrição botânica da batateira

A batateira (Figura 4) é uma espécie herbácea que apesar de ser vivaz (capaz de viver mais de dois anos, renovando total ou parcialmente a sua parte aérea e assegurando a sua propagação vegetativa através da emissão de estolhos, raízes e tubérculos), é cultivada como anual (Bayer, 2009 e Almeida, 2014).

O hábito de crescimento da batateira pode ser prostrado, semi-ereto ou ereto. Esta planta pode desenvolver-se a partir de sementes (via sexuada) ou de tubérculos (propagação clonal), sendo este método o mais utilizado. As plantas obtidas por semente formam um sistema radicular aprumado. As que são obtidas a partir de um tubérculo (a chamada batata-de-semente (Figura 5)) formam estolhos a partir dos brolhos, que crescem horizontalmente dentro do solo, acabando por surgir à superfície (caules aéreos). Na parte subterrânea destes mesmos caules forma-se um sistema radicular que pode ser tanto ligeiro como mais fibroso e grosso (Canadian Food Inspection Agency, 2015; Huamán, 1986 e Almeida, 2014).

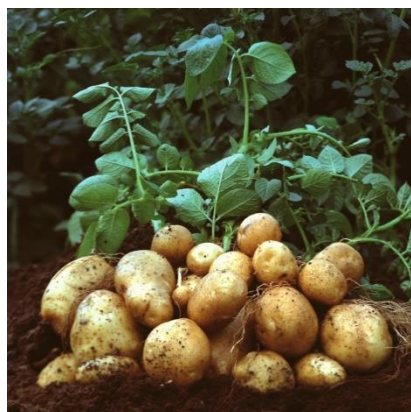


Figura 4 – Batateira (*Solanum tuberosum* L.) (MahaGro, 2013).



Figura 5 – Batata-de-semente (Potato Council, 2014).

O desenvolvimento radicular da batateira é favorecido quando plantado em solo ligeiro, de modo a que as raízes se possam expandir lateralmente e em profundidade.

A utilização de batata-de-semente, é o método de propagação mais utilizado, pelas vantagens que traz em comparação com o uso de sementes, nomeadamente por se observar uma maior rapidez de emergência, uma menor suscetibilidade a stresses bióticos e abióticos que afetam mais intensamente a sementeira direta, uma maior produtividade e crescimento e a possibilidade de assegurar uniformidade fenotípica (clones) que não seria garantida por plantas obtidas por via seminal. No entanto, o uso da batata-de-semente tem a desvantagem dos custos implícitos ao seu transporte, dado o grande peso que os tubérculos traduzem, assim como os riscos associados à sua sanidade (Almeida, 2014).

Os tubérculos desenvolvem-se na extremidade dos estolhos, que começam a engrossar a dada altura do ciclo da planta, acumulando amido como substância de reserva. Tanto a periderme como a polpa podem ter diversas formas e cores, e a casca textura variável (Canadian Food Inspection Agency, 2015). Morfologicamente, os tubérculos são caules (estolhos) modificados que constituem o principal órgão de armazenamento da batateira. Têm dois ápices, um fixo ao próprio caule, e um oposto denominado como apical.

As inflorescências terminais da planta encontram-se geralmente na sua parte superior e são ramificadas, podendo conter 25 flores, cuja corola pode ter coloração branca, rosa, azul ou violeta (Almeida, 2014 e Canadian Food Inspection Agency, 2015).

Os frutos, não comestíveis devido à presença de glicoalcalóides, são bagas de forma esférica ou oval, de pequena dimensão, que podem ter ou não sementes (Almeida, 2014).

2.4. Morfologia do tubérculo

Cerca de 75 a 85% da matéria seca (MS) total produzida pela batateira acumula-se nos tubérculos, sendo, portanto, os órgãos de maior interesse económico e alimentar desta espécie. Os primeiros tubérculos que se formam a partir dos estolhos, tendem a exercer, em termos de crescimento, uma dominância sobre os tubérculos formados mais tarde (Rossignol & Rousselle-Bourgeois, 1999).

Estrutura Externa

Na Figura 6 pode observar-se um esquema da morfologia externa dos tubérculos de batata, no qual está representado o gomo apical na extremidade apical do tubérculo, oposto ao local de emergência dos estolhos. Ao longo da periderme encontram-se pequenas depressões que correspondem aos denominados olhos (ou gomos axilares) a partir dos quais é possível que nasçam novamente lançamentos. Os olhos geralmente localizam-se em maior concentração junto à zona apical, e a sua distribuição pela periderme varia com a variedade de batata (Western Potato Council, 2003).

As lentículas têm uma origem estomática (Rossignol & Rousselle-Bourgeois, 1999) sendo pequenas aberturas da epiderme que permitem a ocorrência de trocas gasosas com o exterior (têm um papel ativo no controlo do nível de humidade do tubérculo e na respiração) (Western Potato Council, 2003) (Rossignol & Rousselle-Bourgeois, 1999).

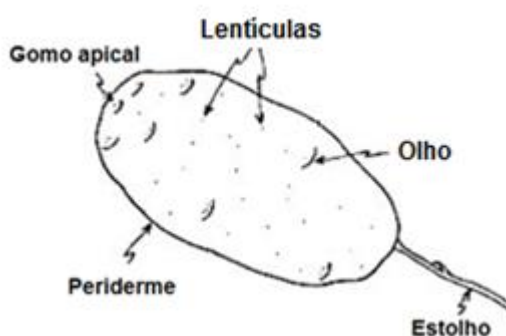


Figura 6 - Morfologia externa do tubérculo (Adaptado de Bouzo, 2008).

A periderme ou casca é composta por várias camadas de células, cujo número varia de acordo com a idade fisiológica do tubérculo. Aqueles que são ainda imaturos (batata-nova) têm uma periderme que ainda não está bem formada/constituída e que por isso pode ser facilmente retirada e danificada. Quando é feita uma lesão na periderme ocorre uma suberização das

paredes celulares e a produção de uma nova periderme (*wound periderm* ou periderme traumática) (Rossignol & Rousselle-Bourgeois, 1999 e Sabba & Lulai, 2002).

A casca dos tubérculos maduros é muito mais resistente, consolidada e portanto, impermeável, do que a dos jovens. Estas características conferem à batata uma proteção contra a entrada de produtos químicos, tanto no estado líquido como gasoso, assim como contra contaminações por microrganismos e ainda de perdas de água (Rossignol & Rousselle-Bourgeois, 1999).

Estrutura interna

Os tubérculos são constituídos por diversas camadas celulares, algumas passíveis de distinção a olho nu quando se observa um corte longitudinal de uma batata (Figura 7). A batata é constituída pela casca ou periderme, pelo córtex, pelo anel vascular e pela medula central (Figura 8) (Rossignol & Rousselle-Bourgeois, 1999).

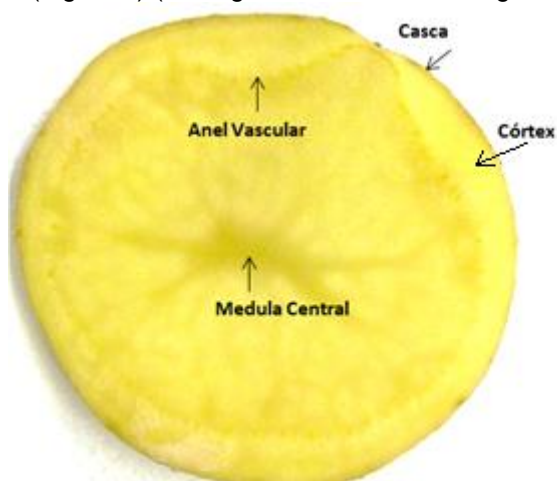


Figura 7 - Descrição da morfologia de uma secção de um tubérculo de batata.

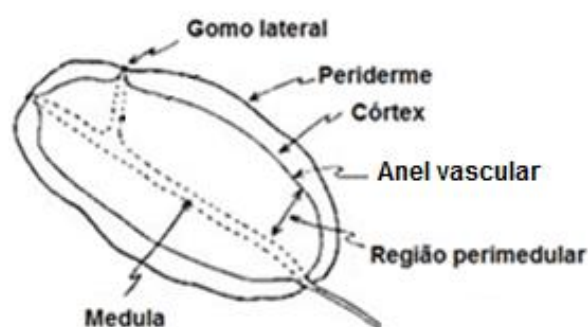


Figura 8 - Morfologia interna do tubérculo (Adaptado de Bouzo, 2008).

De acordo com o mesmo autor, abaixo da periderme, encontra-se a polpa da batata que é composta por diversas camadas de tecidos distintos, nomeadamente (Figura 7):

- O **córtex** ou **parênquima cortical** (3 a 12 mm de espessura), proveniente das camadas de células subjacentes à periderme, que originam este câmbio subero-felodérmico.
- O **anel vascular**, que contém células através das quais ocorre a transferência de reservas das camadas celulares superiores (externas) para a parte interior do tubérculo. O anel vascular inclui o floema externo, o xilema e os parênquimas (tecidos especializados) associados.
- A **região perimedular**, composta por tecidos parenquimatosos localizados entre a medula e o anel vascular. Caracteriza-se pela sua espessura e textura - aspeto vascularizado (vasos visíveis);
- A **medula** ou **parênquima medular**, constituída por um tecido mais ou menos translúcido. Esta secção constitui a área de armazenamento primário da batata, sendo que o excesso

de reservas produzidas pela planta é transportado para a medula através do anel vascular. As células da medula aumentam em número e tamanho à medida que lhes chegam mais reservas, aumentando conseqüentemente o tamanho total do tubérculo (Western Potato Council, 2003).

A distância entre a periderme e o anel vascular é de aproximadamente 5 mm, apesar de estas duas zonas estarem aproximadamente em contacto ao nível dos olhos e do ponto de ligação com o estolho.

2.4.1. A periderme da batata, a suberização e sua importância para o tubérculo

De acordo com Sabba & Lulai (2002) e Cardoso (2011), a periderme da batata é constituída por três tecidos: o felema (células suberificadas), a felogene (câmbio cortical) e a feloderme (Figura 9).

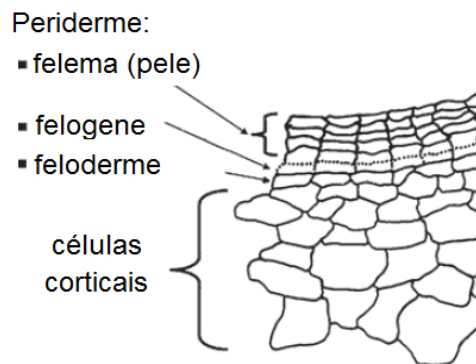


Figura 9 - Representação das camadas de células que compõem a epiderme da batata – felema, felogene e feloderme e das células corticais adjacentes (Adaptado de Lulai, 2007).

As células do felema (camada mais exterior da periderme) e da feloderme (camada mais interior da periderme) são formadas a partir da felogene, cujas células têm uma configuração retangular. Assim, também o felema e a feloderme têm células com essa forma, estando as três camadas de tecidos dispostas paralelamente, de modo bem organizado (Lulai, 2007).

Ao longo da formação do felema, as suas células vão suberizando, dando origem a uma camada de células mortas que serve de proteção ao tubérculo. Estas células têm suberina na sua composição, um biopolímero presente em tecidos especializados das plantas (como a camada de felema da periderme) que protege todo o tubérculo de perdas de água e de contaminações por agentes patogénicos (uma vez que os mesmos são incapazes de degradar enzimaticamente esta barreira) que poderiam levar ao aparecimento de doenças e favorecer a podridão na fase do armazenamento (Cardoso, 2011). O número de camadas de células de felema pode variar entre 4 a 10 de acordo com o genótipo, ambiente de formação e estado de crescimento do tubérculo (Lulai, 2007). Do mesmo modo as células da felogene de uma batata

imatura terão paredes celulares finas e radiais que se quebram facilmente, permitindo ao felema (“pele”) soltar-se/desintegrar-se mais facilmente (Sabba & Lulai, 2002).

A felogene utiliza reservas e amido provenientes da feloderme e das células corticais para a sua síntese, o que é possível confirmar quando se observa, por exemplo, através de microscopia ótica, as camadas celulares da periderme e se verifica que existe uma redução da quantidade de grânulos de amido precisamente nas células da feloderme e das células corticais (Lulai, 2007).

O rápido crescimento dos tubérculos, nos sentidos longitudinal e transversal, implica que ocorra também um crescimento proporcional da periderme, que acompanhe a expansão do mesmo, mantendo uma camada suberizada à sua superfície. Para isto é essencial a ação meristemática da felogene na formação de novas células e na substituição de células que se danificam, mantendo sã a periderme original/nativa da batata (*native periderm*) (Lulai, 2007).

2.4.2. As células da batata de acordo com a sua localização e relação com a distribuição do amido

De acordo com os estudos realizados por Rossignol e Rousselle-Rourgeois (1999) aos diversos tecidos de tubérculos de batata, foi constatado, por microscopia ótica (Figura 10), que tanto a dimensão das células dos vários tecidos, como a quantidade e tamanho de grânulos de amido que essas continham, seria variável (Quadro 2).

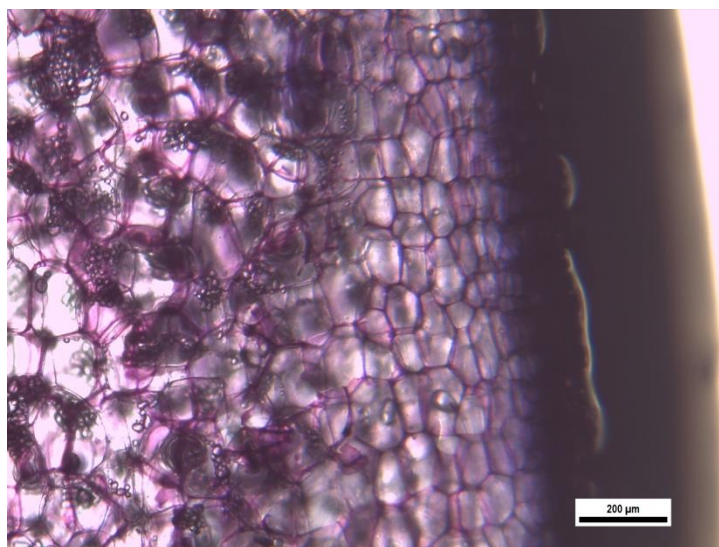


Figura 10 – Exemplo de imagem da região da periderme e do córtex de batata (*Solanum tuberosum* L.) cv. Monalisa obtida por microscopia ótica, com apresentação dos grânulos de amido no interior das

De acordo com o mesmo autor, a região da periderme da batata é a mais pobre em termos de quantidade de grânulos de amido, sendo estes de pequenas dimensões e apresentando as células de menor dimensão (zona perivascular). A região cortical (córtex) tem células de maiores dimensões que a periderme, podendo conter no seu interior uma maior quantidade de grânulos de amido e sendo estes igualmente de maiores dimensões. A região perimedular tem os grânulos de amido de maior dimensão de entre os vários

tecidos/parênquimas do tubérculo (podem atingir os 100µm de comprimento). A região da medula tem células e grânulos de amido, maiores que o parênquima cortical.

Quadro 2 – Dimensão e forma dos grânulos de amido dos diferentes tecidos de tubérculos da variedade Russet Burbank (Rossignol & Rousselle-Bourgeois, 1999)

Parênquima	Grânulos de amido	
	Diâmetro (µm)	Forma
Cortical (células grandes)	23,5	Oval
Perivascular (células pequenas)	7,3	Esférica
Perimedular (células grandes)	31,6	Oval
Medular (as células maiores)	26,7	Oval

2.5. Composição química do tubérculo

A batata é um alimento composto por cerca de 80% de água, sendo os restantes 20% sólidos (variável com a variedade e com as práticas culturais efetuadas). Esses 20% dividem-se maioritariamente em cerca de 18% de glúcidos (açúcares) e 2% de proteínas, entre outros compostos, tal como se pode observar no Quadro 3.

Quadro 3 – Composição química da batata com base no seu peso fresco (Bradshaw & Ramsay, 2009; Instituto Nacional Dr. Ricardo Jorge, 2010 e Ezeta, 2008).

Componente	Unidade	Valor por 100g
Água	g	81,6
Proteína	g	0,6 - 2,1
Lípidos totais	g	0,075 - 0,2
Cinza	g	0,9 - 1,4
Fibra	g	1 - 2
Colesterol	mg	0
Polifenóis	mg	123 - 441
Glicoalcalóides	mg	< 20
Glúcidos		
Amido	g	12,6 - 18,2
Açúcares totais	g	1,15
Glucose	g	0,01 - 0,6
Frutose	g	0,01 - 0,6
Sacarose	g	0,13 - 0,68
Minerais		
Azoto	g	0,2 - 0,4
Sódio	mg	9,0
Potássio	mg	280 - 564
Cálcio	mg	5 - 18
Fósforo	mg	30 - 60
Magnésio	mg	14 - 18
Ferro	mg	0,4 - 1,6
Zinco	mg	0,2
Vitaminas		
Vitamina C	mg	8 - 54
Riboflavina	mg	0,01 - 0,07
Vitamina E	mg	0,1
Vitamina B1 (Tiamina)	mg	0,02 - 0,2
Tocoferol	mg	Até 0,3
Vitamina B6	mg	0,13 - 0,44
Aminoácidos		
Asparaginas	mg	110 - 529
Glutamina	mg	23 - 409
Prolina	mg	2 - 209
Outros aminoácidos	mg	0,2 - 117

A batata é uma boa fonte de vitaminas (destacando-se o seu teor em vitamina C) e minerais (principalmente potássio, fósforo, magnésio e cálcio). Estes tubérculos contêm ainda um conjunto de outras moléculas em baixos teores, muitas das quais são compostos fitoquímicos, que incluem compostos fenólicos (polifenóis), flavonóis, antocianas, glicoalcalóides, entre outros (Navarre *et al.*, 2009).

2.5.1. Compostos fenólicos e enzimas relacionadas (PPO e PAL)

Os compostos fenólicos são um dos mais abundantes grupos de compostos que se encontram na natureza, englobando dezenas de milhares de substâncias, que têm na sua composição química um anel aromático e pelo menos um grupo hidroxilo (OH). Constituem o grupo da dieta humana que mais antioxidantes inclui (Navarre *et al.*, 2009 e Kays & Paull, 2004). São um grupo de bastante interesse para a fisiologia pós-colheita dos produtos hortofrutícolas devido à sua interferência na cor e na textura dos mesmos. Alguns fenóis atuam nos mecanismos de defesa das plantas contra agentes patogénicos, na cor das flores e dos frutos e até no seu sabor e aroma (Kays & Paull, 2004 e Friedman, 1997).

Os fenóis encontram-se em inúmeras espécies de plantas, nomeadamente na batateira, distribuindo-se na batata maioritariamente na região do córtex e da casca (50% dos fenóis), decrescendo a sua concentração do exterior para o interior do tubérculo (variável com a cultivar de batata) (Friedman, 1997).

Durante o período pós-colheita das batatas, assim como durante o seu processamento mínimo, estas são sujeitas a processos mecânicos como o manuseamento, descasque e corte, que provocam ferimentos nos tecidos (casca). Os danos causados induzem uma série de respostas fisiológicas relacionadas com a cura dessas feridas, que trazem associadas reações secundárias, como o acastanhamento, que englobam a atividade de diversas enzimas (Espín & Tomás-Barberán, 2001 e Cantos *et al.*, 2002). Na Figura 11 encontram-se esquematizadas as consequências dos danos provocados nos tubérculos.

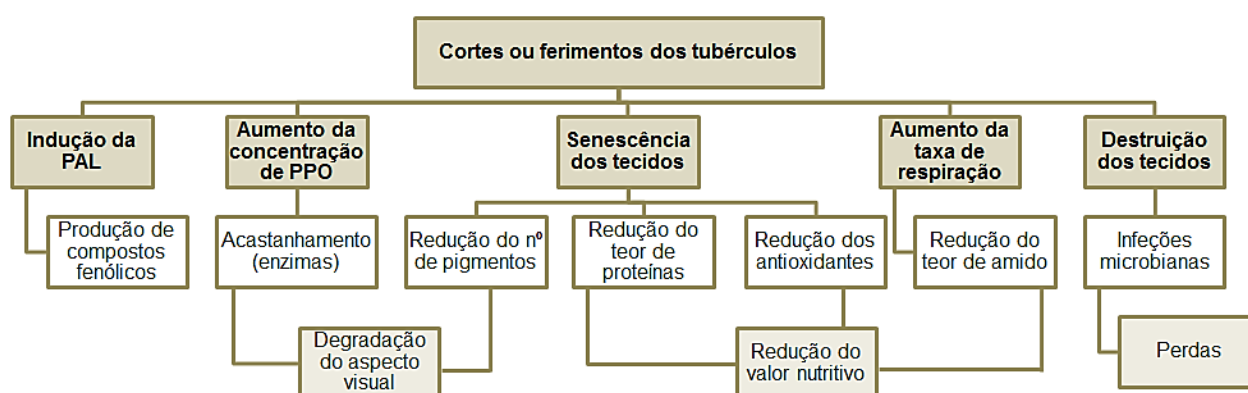


Figura 11 - Consequências de ferimentos ou cortes provocados nos tubérculos, nas fases de pós-colheita e processamento mínimo (Adaptado de Siddiqui & Rahman, 2015)

A PAL (fenilalanina-amoníase) é uma enzima cuja produção é induzida pelos ferimentos/cortes e cuja atividade aumenta com danos físicos provocados às células. Um aumento na produção de PAL conduz a um incremento na concentração de compostos fenólicos, que vão servir de substrato para enzimas oxidativas como a PPO (polifenoloxidase), que vai oxidar esses compostos em reações que ocorrem posteriormente (Espín & Tomás-Barberán, 2001).

A razão pela qual a PAL promove o aumento da concentração de compostos fenólicos é devido ao facto de ser a enzima chave na biossíntese de fenóis. A PAL catalisa a reação de desaminação não-oxidativa (que consiste na remoção do grupo amina – compostos químicos orgânicos derivados do amoníaco) da L-fenilalanina (que é um α -aminoácido), que leva à formação do ácido trans-cinâmico e de amoníaco, representada na Figura 12 (Espín & Tomás-Barberán, 2001).

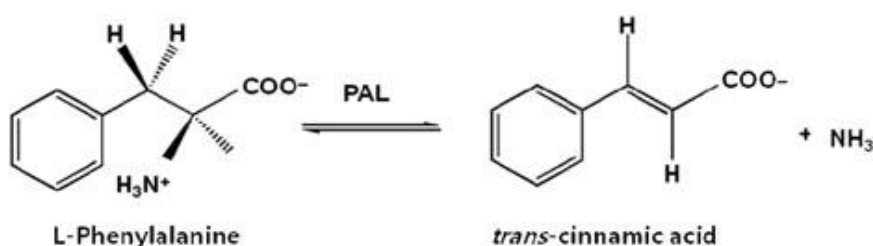


Figura 12 – Desaminação da L-fenilalanina, pela ação da enzima fenilalanina-amoníase (PAL), da qual se obtém o ácido trans-cinâmico e amoníaco (Hyun *et al.*, 2011).

Esta reação nas plantas é o primeiro passo da biossíntese dum vasto conjunto de produtos secundários (fenilpropanóides), que se formam através da denominada reação de biossíntese dos fenilpropanóides (*phenylpropanoid pathway* - Figura 13), na qual atuam diversas enzimas. Estes produtos secundários, consistem em compostos orgânicos, que são sintetizados em organismos vegetais a partir da fenilalanina, dos quais são exemplo os flavonóides, os isoflavonóides, a lenhina e a suberina, que atuam na proteção de feridas dos tecidos vegetais (Espín & Tomás-Barberán, 2001). Todos estes compostos vão atuar na proteção das feridas dos tecidos das plantas, ao integrarem-se nas matrizes das paredes celulares das células do felema (Hyun, *et al.*, 2011).

A regulação da atividade da PAL é muito importante para o controlo da biossíntese de fenilpropanóides nas

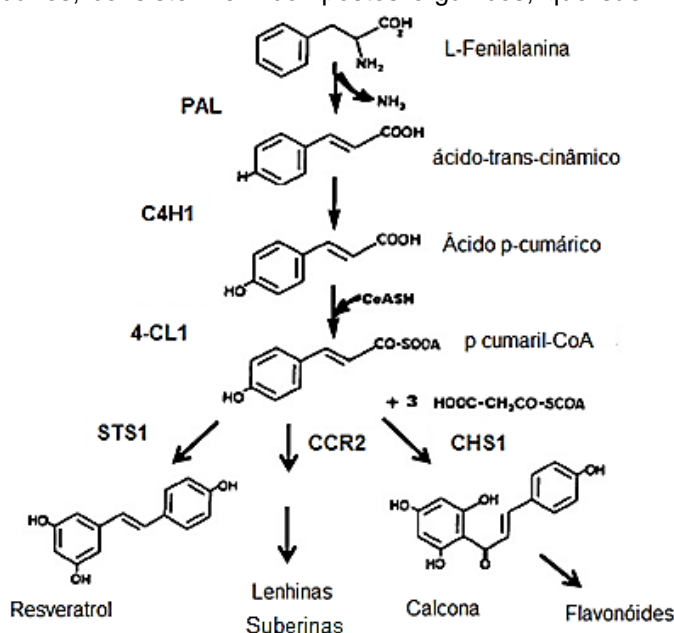


Figura 13 - Formação de metabolitos secundários (fenóis) resultantes das reações da biossíntese dos fenilpropanóides. (Adaptado de Boubakri *et al.*, 2013).

plantas, sendo a sua ação afetada por danos mecânicos, infecções, condições ambientais e pelo estado de desenvolvimento da planta (Espín & Tomás-Barberán, 2001).

Nas reações de oxidação de compostos fenólicos, existem duas enzimas oxidativas fundamentais para a qualidade dos produtos hortícolas e frutícolas, uma vez que são responsáveis pela formação de polímeros de coloração acastanhada (melaninas). Estas são a PPO, acima já referida e as POD (peroxidases). A PPO é uma enzima que catalisa duas reações diferentes na presença de oxigénio molecular (Figura 14): a hidroxilação (adição de um grupo hidroxilo) de monofenóis em o-difenóis e a oxidação de o-difenóis em o-quinonas. As o-quinonas são os compostos orgânicos que por reações químicas de polimerização levam à formação de pigmentos castanhos, pretos ou vermelhos, geralmente denominados melaninas (Espín & Tomás-Barberán, 2001 e Koning, 1994). Estes pigmentos que se formam nos produtos vegetais (Figura 15) levam à deterioração do sabor, cor e valor nutritivo, e podem formar-se mesmo antes do momento de colheita, permanecendo na polpa após essa operação cultural (Friedman, 1997).

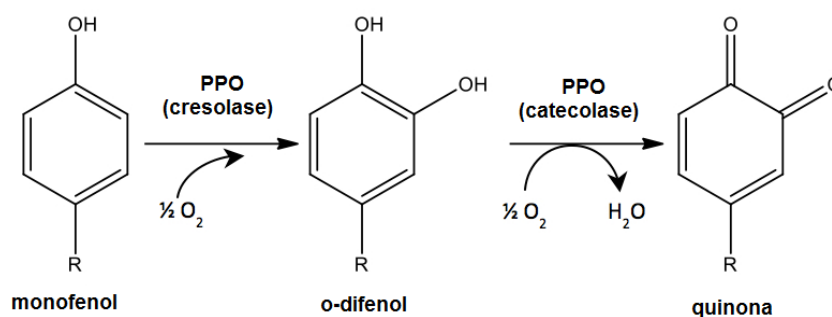


Figura 14 – Ação da PPO nas formas creolase e catecolase, nas reações de hidroxilação de monofenóis em o-difenóis e de oxidação de o-difenóis em o-quinonas (Gertzen & Escobar, 2014)

Friedman (1997) refere ainda a importância da oxidação de compostos fenólicos no mecanismo de defesa das plantas contra agentes patogénicos (bactérias, fungos e vírus), já que os produtos que resultam da oxidação dos fenóis consistem em polímeros, mais tóxicos para os agentes patogénicos do que os fenóis monoméricos (como o ácido clorogénico que se acumula em altas concentrações na casca da batata (Wang *et al.*, 2015). A polimerização (união desses vários monómeros para formação de polímeros) catalisada pela PPO, ajuda a unificar regiões danificadas das plantas e inicia o processo de cura dos tubérculos de batata, revelando-se assim essa enzima de grande importância.

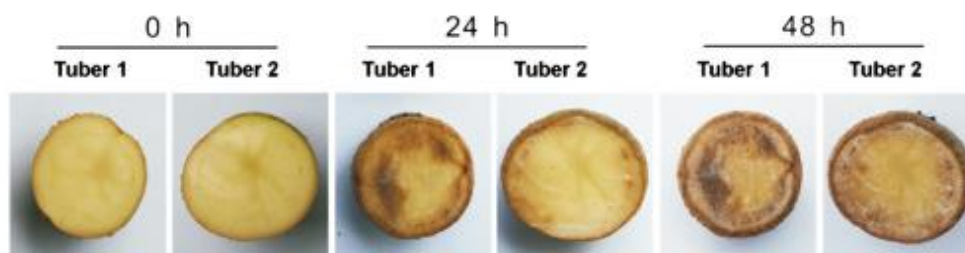


Figura 15 – Exemplo de padrões de acastanhamento de batatas cruas, cortadas ao meio e expostas ao oxigénio do ar durante 0h, 24h e 48h, a temperatura ambiente (25°C). O escurecimento iniciou-se na região do anel vascular, avançando ao longo do tempo para os tecidos da região da medula (Adaptado de Chi *et al.*, 2014).

2.5.2. Proteínas

As proteínas são macromoléculas compostas por uma a várias cadeias de aminoácidos, essenciais para o bom funcionamento do organismo. Contribuem para processos celulares, como a replicação do ADN, a resposta a estímulos, o transporte de moléculas, e ainda têm funções estruturais ou mecânicas. Diversas proteínas são enzimas que catalisam reações bioquímicas essenciais ao metabolismo. A contribuição das proteínas para a dieta humana é essencial, uma vez que não conseguimos sintetizar todos os aminoácidos de que necessitamos (Wikipedia, 2015 e EUFIC, 2008).

De acordo com Karenlampi & White (2009) a batata, apesar do seu baixo teor proteico, é considerada uma fonte de proteína de alta qualidade por diversas razões, nomeadamente devido ao seu elevado teor em aminoácidos essenciais (que o corpo humano é incapaz de produzir e que portanto têm de ser fornecidos pela dieta) como a leucina, a lisina, a metionina, a treonina e o triptofano e ainda dado o carácter pouco alergénico dessas proteínas, quando comparadas com outras proteínas vegetais, correntemente utilizadas na alimentação.

Pots *et al.*, (1999) referem no seu estudo que as proteínas solúveis da batata podem ser classificadas no geral em três grupos: as patatinas (o maior grupo, composto por glicoproteínas com função de armazenamento), os inibidores da protease e outras proteínas (de alto peso molecular), estando os dois primeiros grupos melhor classificados.

Segundo Karenlampi & White (2009), existirão cerca de 1100 diferentes tipos de proteínas na batata. Da cultivar *Désirée*, por exemplo, foram identificadas 77 proteínas presentes em quantidades significativas, que revelaram intervir no metabolismo energético das células do tubérculo, na determinação do destino de certas proteínas e ainda nos mecanismos de resposta a doenças que surgem na fase de armazenamento das batatas.

No mesmo estudo, os autores referem ainda que o efeito do armazenamento no teor de proteínas de batatas inteiras varia com a cultivar das mesmas e com o tipo de proteínas específico que se está a analisar.

2.5.3. Glúcidos

Os glúcidos são os compostos bioquímicos mais abundantes nas plantas, representando 50 a 80% do seu teor de matéria seca. Trata-se de moléculas compostas primariamente por carbono, hidrogénio e oxigénio, que fazem parte da estrutura das células e que atuam como reservas, servindo como fontes de acumulação de energia (Kays & Paull, 2004).

As batatas são muito ricas em glúcidos, que incluem, entre outros compostos, o amido, os açúcares redutores e os açúcares não-redutores. A denominação de açúcar redutor vem do facto deste tipo de açúcares (que inclui a glucose, a frutose, a galactose, a manose, a ribose e a xilose) ter na sua composição química um grupo aldeído livre ou potencialmente livre, que é capaz de atuar como agente redutor (aceitador de eletrões) em soluções alcalinas. Este é o

tipo de açúcares mais comumente presente nas plantas. Na batata os três açúcares dominantes são a glucose, a frutose e a sacarose (açúcar não redutor) (Kays & Paull, 2004 e Olsen *et al.*, 2005).

Os níveis de açúcares presentes nos tubérculos de batata constituem um fator de preocupação para os produtores agrícolas e pessoas responsáveis pela qualidade da matéria-prima em empresas de processamento de batata. Este indicador é importante para qualquer tipo de batata processada (frita, congelada para fritar, desidratada) e ainda para a batata destinada ao consumo em fresco. Esta importância advém do facto de a reação dos açúcares redutores com aminoácidos, na presença de calor (como acontece nos processos de fritura e cozedura), levar ao aparecimento de manchas escuras nos tecidos vegetais, após a sua cocção (reações de *Maillard*), que prejudicam a aparência visual do produto pronto a consumir, assim como o seu sabor (Olsen *et al.*, 2005 e Wismer, *et al.*, 1995). A sacarose (dissacárido), por sua vez, está indiretamente relacionada com esse acastanhamento, contribuindo para a acumulação de açúcares redutores, visto que pode ser decomposta nos dois monossacáridos glucose e frutose (Kays & Paull, 2004 e Olsen *et al.*, 2005).

Os glúcidos (amido e açúcares) que se encontram nos tubérculos de batata são provenientes primeiramente das folhas, em forma de sacarose, que é obtida na fotossíntese. Este açúcar é translocado pelo floema para os tubérculos da planta que se encontram em desenvolvimento. Já dentro da batata, a maior parte da sacarose é convertida em amido, e outra parte despendida em processos de respiração. A reação de conversão da sacarose em amido é reversível, o que significa portanto que também pode dar-se a formação de sacarose por decomposição do amido. Geralmente pretende-se que nos tubérculos (especialmente destinados à fritura) haja uma maior quantidade de amido do que de sacarose, de modo a que seja mínimo o teor de açúcares na batata, conduzindo à formação dum produto apto à confeção (sem riscos de escurecimento da polpa). Em condições normais de crescimento da planta, é favorecida a produção de amido, mas no entanto, se a batateira e/ou os tubérculos se encontrarem sob algum *stress* pode dar-se a degradação do amido, conduzindo a um aumento dos níveis de sacarose, mais essencial nesse momento (Olsen *et al.*, 2005).

Existem quatro fatores principais que podem influenciar a acumulação de açúcares nas batatas, nomeadamente a cultivar, o seu estado de maturação, o *stress* a que são sujeitas e as condições de armazenamento. Quando um tubérculo se encontra na fase de crescimento ativo, a enzima responsável pela degradação da sacarose em glucose + frutose está inativa, mas quando termina o crescimento do mesmo, inicia-se a acumulação de glucose e de frutose na batata. Este fenómeno é fundamental para a determinação da data de colheita dos campos de batata, assim como para a decisão da data de dessecagem da rama, permitindo “jogar” com a data da mesma, de modo a colher as batatas apenas quando tenham a maturidade fisiológica desejada (pele totalmente consolidada) e o perfil de açúcares desejado (Olsen *et al.*, 2005).

Assim, pode constatar-se que analisar o teor de açúcares, particularmente de glucose (açúcar redutor dominante) e sacarose, pode ser uma medida valiosa para indicar o estado fisiológico das batatas, que permita determinar estratégias de gestão agrícola que possam

minimizar ou aumentar a acumulação de açúcares na planta, de acordo com o que for desejável (Olsen *et al.*, 2005).

Outro fator importante para o teor de açúcar dos tubérculos na fase pós-colheita é a temperatura de armazenamento a que são sujeitos. De acordo com diversos autores, quanto mais baixa for a temperatura de armazenamento, maior a acumulação de açúcares redutores nos tubérculos (fenômeno denominado LTS - *Low temperature sweetening*), variando com a cultivar (por exemplo, as cultivares *Russet Burbank* e *Umatilla Russet* podem ser armazenadas a 7,2°C e manterem-se aptas ao processamento, enquanto que as cultivares *Gem Russet* e *Ranger Russet* precisam de ser mantidas a 8,2°C para não ficarem castanhas quando fritas) (Olsen *et al.*, 2005). Picha (1986) refere que a temperaturas iguais ou inferiores a 4°C, a reação dos açúcares redutores com os aminoácidos é acelerada, promovendo as reações de *Maillard* (anteriormente referidas). Por sua vez, Coffin *et al.* (1987) dizem que o armazenamento de variedades de batata destinadas ao processamento a temperaturas inferiores a 9-10°C, aumenta significativamente o teor de açúcares redutores, o que é um grave problema, uma vez que por outro lado as baixas temperaturas são essenciais para inibir o abrolhamento das batatas e reduzir a sua taxa de respiração (diminuindo a perda de massa). Deste modo, o mesmo autor fala da importância da existência e criação de variedades geneticamente modificadas, capazes de ser processadas diretamente após retiradas das câmaras frigoríficas, sem qualquer inconveniente.

Amido

O amido é o glúcido maioritário no tubérculo maduro, constituído por longas cadeias de unidades de glucose, mais concretamente amiloses e amilopectinas. O seu armazenamento dá-se na forma de grânulos de amido (Figura 16), sendo sintetizado em organelos denominados plastídeos (cromoplastos foliares) e nos cloroplastos das folhas (quando os tecidos vegetais têm cor verde) (Kays & Paull, 2004).

O amido é composto por amilose (polímero de cadeia curta, com 200 a 1000 subunidades de glucose, ligadas por ligações glicosídicas (α -1,4)) e por amilopectina (polímero constituído por cadeias longas e ramificadas, com 2000 a 200000 subunidades de glucose) (Kays & Paull, 2004). Na batata a proporção amilose/amilopectina é variável, segundo Jane, *et al.*, (1992), com uma proporção de 20% para 80%.

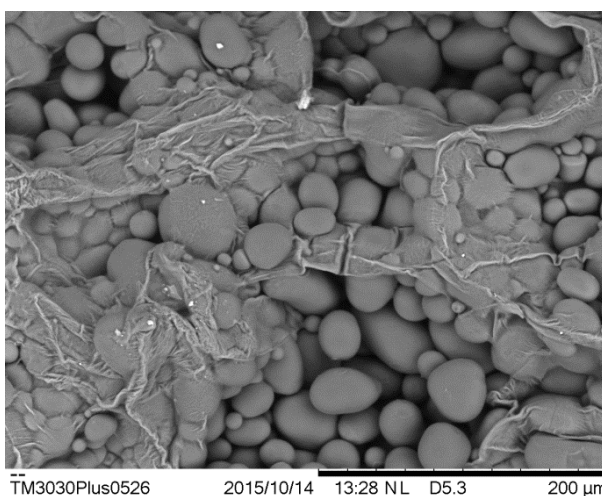


Figura 16 – Grânulos de amido no interior de células da batata cv. Monalisa, obtidas no microscópio eletrônico de bancada TM3030Plus.

2.6. Ciclo vegetativo e reprodutivo

Início do abrolhamento e emergência

O ciclo de vida da batateira decorre em várias etapas (Figura 17). A primeira fase do seu desenvolvimento consiste no abrolhamento (0 – 7 dias), durante o qual começam a crescer os primeiros brotos a partir da batata-mãe assim que a dormência da planta é quebrada. Isto ocorre quando as temperaturas começam a ultrapassar a temperatura base (2 a 6°C) da batateira (Almeida, 2014). Para algumas variedades que têm uma dormência muito acentuada é aconselhável que se provoque um pré-abrolhamento dos tubérculos utilizados como batata-de-semente, de modo a assegurar um bom desenvolvimento da planta (SEED, 2012).

Até à emergência das primeiras folhas (7 – 15 dias), a planta “alimenta-se” apenas das reservas do tubérculo-mãe, tornando-se autotrófica apenas após a emissão dos primórdios foliares após estes se desenvolverem e atingirem uma área total entre 200 a 400cm² (Almeida, 2014).

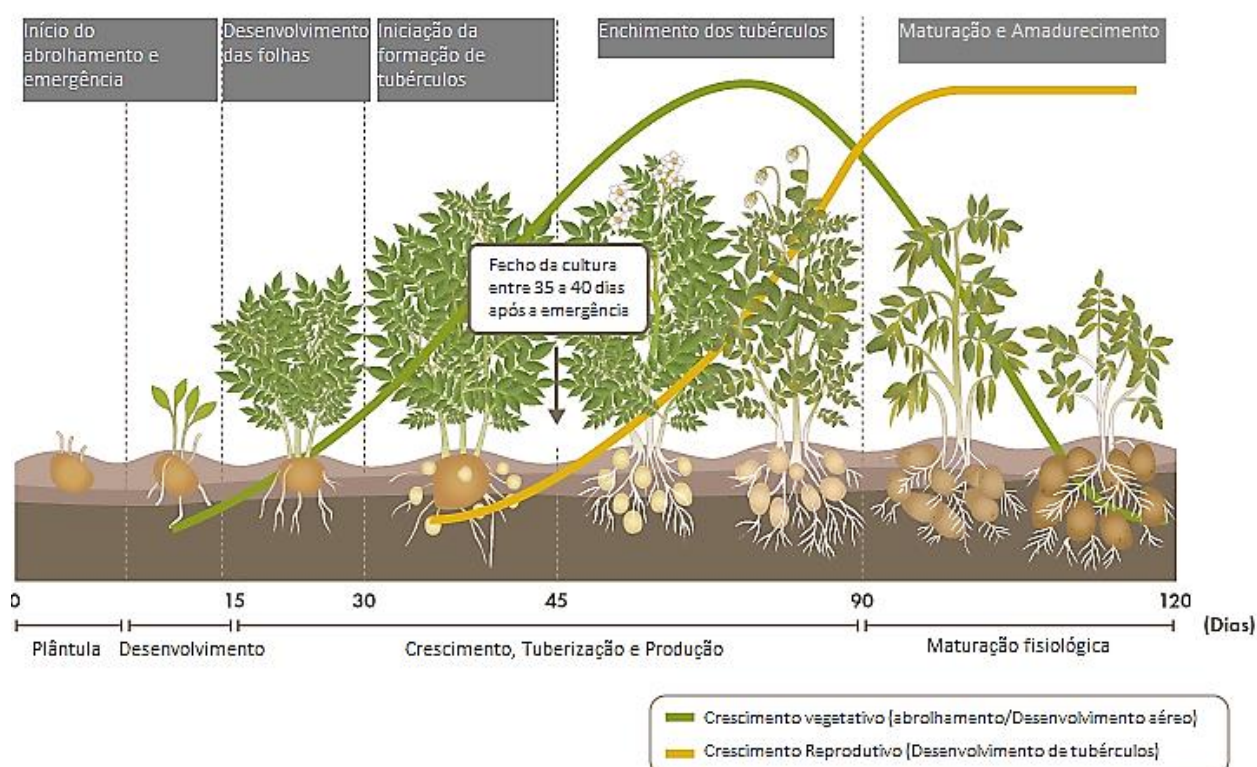


Figura 17 - Fenologia da batateira (Adaptado de Marques, 2014).

Desenvolvimento das folhas

A partir desta fase a planta começa a formar o aparelho fotossintético que vai assegurar o seu desenvolvimento procedente. É neste período que ocorre um alongamento e ramificação dos caules, crescendo folhas apenas nos caules principais até ao aparecimento da primeira flor. A temperatura do solo, a idade fisiológica da batata-semente, o momento de fecho

da cultura (início da tuberização) e a variedade utilizada são fatores que afetam o tempo que a planta demora a passar da fase de desenvolvimento foliar até à de enchimento dos tubérculos (Bouzo, 2008).

Iniciação da formação de tubérculos – tuberização

A tuberização ocorre quando começa a haver um engrossamento das extremidades dos estolhos subterrâneos, que param de crescer e começam a acumular amido na região apical (Almeida, 2014 e Bouzo, 2008). Este período dura cerca de 10 a 14 dias após os quais, em muitas cultivares, se inicia a floração (Bouzo, 2008). Dependendo da cultivar, a tuberização é influenciada em simultâneo pelo fotoperíodo, temperatura e área foliar da planta.

Enchimentos dos tubérculos

O crescimento dos tubérculos dá-se no período seguinte à sua formação, em que ocorrem a divisão e expansão celular e se dá a acumulação de amido no seu interior. As células vão-se expandindo devido à acumulação de água, nutrientes e hidratos de carbono.

Maturação e Amadurecimento

Nesta fase a parte aérea da planta começa a secar e a perder folhas, diminuindo gradualmente a taxa de fotossíntese e conseqüentemente a taxa de crescimento dos tubérculos. Aqui o teor de matéria seca dos tubérculos atinge o seu valor máximo, dando-se a consolidação e engrossamento da periderme e a entrada em dormência (Almeida, 2014 e Bouzo, 2008).

2.7. Condições edafoclimáticas mais favoráveis à cultura

Clima

A planta da batateira requer condições frescas para ser possível o desenvolvimento geral da planta e da formação dos tubérculos. De acordo com Gardé & Gardé (1988), as temperaturas mais favoráveis ao seu desenvolvimento estão entre os 15 e os 20°C.

Temperaturas iguais ou superiores a 30°C promovem uma redução do crescimento dos tubérculos, havendo uma intensificação da taxa de respiração dos mesmos, o que reduz o seu teor de hidratos de carbono. No entanto, o problema do cultivo da batata em situações de altas temperaturas pode ser contornado pela aplicação de regas frequentes que conduzam a uma redução da taxa de transpiração da planta, através do arrefecimento que a água irá causar no solo (Gardé & Gardé, 1988).

As temperaturas muito baixas são também prejudiciais à cultura, sendo grave para a planta a ocorrência de abaixamentos térmicos repentinos. A rama da planta é muito sensível a geadas, devendo portanto as culturas precoces (temporãs) ser cultivadas em locais mais

abrigados e expostos a sul, sempre que na região em causa a ocorrência deste fenómeno climático seja provável (Gardé & Gardé, 1988).

A ocorrência de excesso de precipitação em certos períodos do ano pode ser igualmente prejudicial ao ciclo vegetativo da planta, atrasando a sua maturação e podendo levar à formação de tubérculos com deformações. Também regas em excesso, já após a fase de tuberização, podem causar o apodrecimento da batata, o que será prejudicial na fase de armazenamento (Gardé & Gardé, 1988).

Solo

De acordo com Gardé (1974), todos os terrenos aráveis são propícios à cultura da batateira se tiverem uma boa drenagem, dada a elevada suscetibilidade desta cultura a terrenos mal drenados. Elevados teores de humidade conduzem ao aparecimento de fungos que levam à podridão dos tubérculos e portanto o uso de terrenos com essas características só é possível se forem previamente preparados.

Os solos de textura arenosa são mais apropriados para o cultivo da batateira uma vez que drenam mais rapidamente a água, evitando elevados teores de humidade e tendo capacidade também para atingir elevadas temperaturas que provocam um forte crescimento da planta jovem. A temperatura do solo é um fator muito importante para o crescimento da batata, estando as temperaturas ótimas para o seu crescimento entre os 20 e os 25°C (Gardé & Gardé, 1988). A batata prefere solos ácidos, encontrando-se a faixa de pH mais favorável entre 5,5 a 6,5 (LQARS, 2006).

A granulometria dos solos arenosos facilita a preparação da cama para a semente (que deve ser semeada a cerca de 35 cm de profundidade para que ocorra um desenvolvimento normal das raízes e tubérculos) (Parson, 1986). Este tipo de solos com baixa adesividade (partículas soltas) permite o engrossamento dos tubérculos, uma vez que não oferecem resistência mecânica ao seu crescimento (Gardé & Gardé, 1988) e permite que fiquem com uma conformação uniforme, o que é favorável a nível comercial. Os solos arenosos são ainda vantajosos para a colheita das batatas por oferecerem uma menor resistência às máquinas de colheita, quando comparados com solos argilosos (Gardé & Gardé, 1988).

2.8. Fertilização

A fertilização da batateira é uma prática essencial para o seu desenvolvimento, na medida em que o fornecimento de nutrientes vai determinar a dimensão e período de vida do seu aparelho fotossintético, assim como o momento em que se dá a tuberização (Almeida, 2014).

A cultura da batata é considerada por Kempen *et al.* (1999) como uma espécie bastante exigente em azoto (N), fósforo (P) e potássio (K), considerando também importantes as suas necessidades em cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S). Os valores das exportações da cultura encontram-se no Quadro 4 e Quadro 5.

Quadro 4 – Exportação de macronutrientes pela cultura da batateira, com destino a conservação e consumo em fresco (kg/ha) (Zuang, 1981).

Tipo de cultura	Parte da planta	Produtividade (t.ha ⁻¹)	N (kg.ha ⁻¹)	P ₂ O ₅ (kg.ha ⁻¹)	K ₂ O (kg.ha ⁻¹)	CaO (kg.ha ⁻¹)	MgO (kg.ha ⁻¹)
Conservação	Tubérculos	30	105	37	150	5	5
	Tubérculos e folhas	30	225	50	200	90	34
Batata-nova	Tubérculos	25	96	45	153	-	-

Quadro 5 – Exportações de macronutrientes, expressas em kg por tonelada de tubérculos ou tubérculos e parte aérea (Almeida, 2014).

Parte da planta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Tubérculos	2,6 – 4,2	0,5 – 0,9	4,3 – 5,2	0,1	0,2 – 0,4
Tubérculos e parte aérea	4,5 – 5,9	0,6 – 1,1	7,1 – 10,7	0,10 – 0,15	0,25 – 0,45

De acordo com Almeida (2014), a batateira é sensível a carências de manganês (Mn), zinco (Zn) e ferro (Fe) e muito sensível a carências de magnésio (Mg) e boro (B). O Mg na batateira é essencial para promover o aumento de volume dos tubérculos, aumentar a sua resistência a doenças e a qualidade da casca e ainda aumentar o teor de MS e os níveis de amido (YARA, 2015b). Em situação de deficiência de magnésio a planta adquire uma coloração amarelada entre as nervuras das folhas e em casos extremos pode levar à sua morte (Kempen *et al.*, 1999).

O ritmo de absorção de nutrientes é variável ao longo do ciclo cultural da planta, sendo a fase da tuberização a de maior consumo de nutrientes por parte da planta. Posteriormente à tuberização, os tubérculos tornam-se a parte da planta que mais acumula fotoassimilados, ficando responsáveis pela maior parte da produção de biomassa da planta. Os macronutrientes principais (N, P e K) são mobilizados da rama para os tubérculos tal como o Ca, Mg e S (com menor facilidade/mobilidade). No final do ciclo vegetativo, os tubérculos contêm 77% do N, 89% do P e 79% do K total da planta (Almeida, 2014).

A fertilização da batata de conservação deve promover uma produtividade elevada de tubérculos de calibre que se adeque aos critérios pretendidos para o seu destino final. Na batata para consumo em fresco é mais relevante favorecer a precocidade, aplicando assim nutrientes em formas mais fáceis de assimilar e em quantidades superiores à exportação (Almeida, 2014).

No geral, deve ter-se em conta que antes de efetuar alguma intervenção na cultura ou no solo, é necessário investigar as causas de uma deficiência nutritiva, visto que frequentemente ocorrem bloqueios associados a uma acidez ou alcalinidade muito alta (por exemplo, devido a calagens excessivas). A ocorrência de graves carências nutritivas na cultura da batateira é uma situação pouco comum, e quando sucede, geralmente é devida à escassez

de apenas um elemento. Por outro lado, aplicações excessivas podem causar fitotoxicidade (Kempen *et al.*, 1999).

Importância do cálcio na estrutura das paredes celulares e sua relação com a textura

As paredes celulares são um componente chave estrutural dos vegetais, exercendo um papel central na determinação de características qualitativas dos mesmos, especialmente na sua textura (Waldron *et al.*, 2003).

As paredes celulares são estruturas complexas, maioritariamente compostas por polissacáridos (ou substâncias pécticas) e pequenos teores de proteínas e compostos fenólicos. De entre os polissacáridos, assumem especial importância as pectinas, localizadas maioritariamente na região da lamela média das células, e cujo monómero principal é o ácido α -D-galacturónico.

Em presença de catiões bivalentes como o Ca^{2+} , ocorre a ligação do ácido α -D-galacturónico a outros monossacáridos (*cross-linking*), que vai promover a formação de compostos que vão conferir estruturas mais rígidas às células, atuando como “cimento” das estruturas celulares (Kays & Paull, 2004)

De acordo com Waldron *et al.* (2003), o controlo dos níveis de catiões, através da aplicação de adubos, tem impacto nas características dos tubérculos na fase pós-colheita e durante o seu processamento. De facto, o mesmo autor refere que a capacidade do cálcio em efetuar *cross-link* com substâncias pécticas, e assim reduzir a sua solubilização, o torna um ião importante para a melhoria da textura destes alimentos.

2.9. Rega

O fornecimento de água através da rega é uma operação fundamental quando se pretendem obter os maiores retornos económicos desta cultura e a sua qualidade, sendo essencial manter os níveis de água do solo dentro de certos limites ao longo do ciclo (King & Stark, 1997). De acordo com Gardé & Gardé (1988), a rega da batateira exige especial cuidado, visto ser uma das culturas mais suscetíveis ao excesso e às deficiências de água. Apesar de King e Stark (1997) considerarem essa afirmação relativamente errónea, achando que muitas outras culturas são igualmente ou ainda mais exigentes em água, Gardé & Gardé (1988) explicam que a cultura da batateira comparativamente com outras, é muito sensível ao *stress* hídrico por apresentar um pequeno volume radicular e ainda por geralmente ser cultivada em solos com fraca capacidade de retenção de água.

Pode dizer-se que dadas as características da cultura, esta necessita de sistemas de rega eficazes, que consigam providenciar dotações uniformes e frequentes ao longo de todo o ciclo cultural, controlando a reserva hídrica do solo. De acordo com esses critérios, os métodos de rega mais indicados (por ordem do mais adequado para o menos adequado) seriam: gota-a-gota, sistemas estacionários de aspersão com rampas deslocáveis, rampas pivotantes

(móveis), rampas com rodas (sistema estacionário) e sistemas de deslocação manual (rampas com aspersores) (King & Stark, 1997 e Santos Pereira, 2004). No entanto, a escolha do sistema a usar está geralmente muito limitada por questões económicas que nem sempre permitem o uso do sistema mais vantajoso para a cultura, para o tipo de solo e para o tipo de rotações culturais que se pretendem realizar (King & Stark, 1997).

De acordo com Gardé & Gardé (1988) não se podem estabelecer normas de aplicação gerais da água, visto que estas dependem de vários fatores como o tipo de solo e o seu declive, assim como o nível de precipitação da região onde a cultura está instalada.

Visto que o excesso de humidade propicia o ataque de doenças no campo e em armazém, reduzindo conseqüentemente a qualidade do produto, recomenda-se que a primeira rega seja moderada e antes dos primeiros tubérculos estarem formados (Gardé & Gardé, 1988).

Em Portugal, a rega por aspersão é o método mais utilizado para regar a cultura da batata de indústria (Figura 18), visto que permite uma boa distribuição da água, fundamental para a eficácia dos herbicidas de pré-emergência e facilita a operação de colheita. A fase de crescimento dos tubérculos corresponde ao período de maior carência hídrica, sendo aí essenciais dotações regulares, de modo a evitar acidentes fisiológicos. No final do ciclo, o solo deve manter-se húmido para prevenir problemas de pragas (traça e alfinete) e infestantes (junça) (Caixinha, 2013).



Figura 18 – Campo de batata com sistema de rega por aspersão (Shutterstock, 2015).

Uma cultura de batata de indústria, instalada durante 5 meses, consome em média (de acordo com tipo de solo, ano agrícola, localização geográfica, precocidade da variedade e data de plantação e colheita) cerca de 500 a 600 mm de água (ou seja, cerca de 5000 a 6000 m³ de água/ha) (Caixinha, 2013).

2.10. Operações culturais necessárias no cultivo da batata de indústria

A cultura da batata de indústria é totalmente mecanizada, requisitando apenas de alguma mão-de-obra na altura da plantação e da colheita para a seleção dos tubérculos (Agromais, 2013). Em explorações não comerciais a plantação é feita manualmente, o que traz algumas vantagens ao nível do modo como a batata-semente é tratada. Na plantação mecânica por vezes a máquina danifica os brotos, o que pode eventualmente atrasar a sua emergência, mas no entanto a planta consegue recuperar sem que o seu rendimento seja prejudicado (Almeida, 2014).

A preparação do terreno para iniciar a produção de batata é o primeiro passo das operações culturais desta produção. É importante realizar uma mobilização profunda do solo,

para favorecer uma boa drenagem, de modo a proporcionar um bom desenvolvimento das raízes e dos tubérculos das plantas (Agromais, 2013).

Como referido anteriormente, a aplicação de fertilizantes é fundamental para a produção da batata, sendo geralmente feita a aplicação de adubos que tenham na sua composição azoto, geralmente aplicados ao solo, em parte, em adubação de fundo (antes da plantação) e o restante em adubação de cobertura (Agromais, 2013).

O controlo das infestantes é também de grande importância para o sucesso da cultura, uma vez que as infestantes prejudicam o seu desenvolvimento – competem por água, luz e nutrientes e são por vezes hospedeiras de afídeos e vetores de vírus, para além de dificultarem a operação de colheita. Tradicionalmente era feita a sacha, que em explorações comerciais foi substituída pelo uso de herbicidas seletivos, que podem ser de pré-emergência ou de pós-emergência. Geralmente a monda química é realizada com recurso a herbicidas de pré-emergência, dada a sua importância logo no início do ciclo da cultura, e depois complementada com aplicação de herbicida de pós-emergência (Agromais, 2013 e Almeida, 2014).

A época de plantação e de colheita em Portugal é um pouco variável de acordo com as regiões produtoras (Quadro 6), decorrendo desde meados de fevereiro até ao mês de abril (Agromais, 2013).

Quadro 6 – Épocas de plantação e de colheita de batatas de conservação (Almeida, 2014).

Região	Operação	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Trás-os-Montes	Plantação												
	Colheita												
Entre-Douro-e-Minho	Plantação												
	Colheita												
Ribatejo e Oeste	Plantação												
	Colheita												

A amontoa consiste na armação do solo em camalhões (montes) (Figura 19), sendo uma prática comumente utilizada nos campos de batata. Esta favorece a drenagem da água do solo, permitindo o seu adequado arejamento. Em situações de baixas temperaturas, permite que o solo atinja valores de temperatura mais elevados, devido à incidência dos raios solares nos diversos ângulos do camalhão, promovendo a germinação (YARA, 2015a). De acordo com Almeida (2014) a amontoa favorece a formação



Figura 19 – Terreno com cultura de batata instalada, armado em camalhões.

dos tubérculos, evita que ganhem uma coloração esverdeada, facilita o momento de colheita e limita o risco de contaminação dos tubérculos por esporos de míldio. O mesmo autor afirma

ainda que confere proteção à batata-semente e aos tubérculos contra geadas tardias e evita o excesso de humidade na zona dos tubérculos.

A amontoa é uma operação que normalmente é feita logo no momento da plantação, mas que pode ser realizada ou repetida após a emergência das plantas. Esta prática está relacionada com a profundidade a que se planta – quando a armação do terreno na plantação não permitir que se envolva a batata-semente com um volume adequado de terra, a amontoa repete-se quando as plantas já têm alguns centímetros de altura.

A prática de efetuar a plantação seguida da amontoa está relacionada com o início do uso de herbicidas de pré-emergência. De facto, se for efetuada uma mobilização do solo depois da aplicação desses herbicidas, os mesmos ficam com a sua atividade reduzida ou anulada (ou seja, em caso de uso de herbicida de pré-emergência, a amontoa tem de ser feita antes da sua aplicação e ainda antes da emergência das plantas).

Em algumas condições edafoclimáticas, no final do ciclo da cultura é efetuada a destruição da parte aérea das batateiras através da prática da dessecagem. Esta pode ser feita cerca de 1 a 2 semanas antes da colheita, quimicamente (através da aplicação de dessecantes homologados, como o diquato) ou mecanicamente (recorrendo a tratamento térmicos ou ao corte da rama) (Almeida, 2014).

A função da dessecagem, de acordo com Haderlie *et al.* (1989) é a de aumentar a maturação da periderme, controlar o tamanho dos tubérculos e/ou reduzir o volume da parte aérea da planta, de modo a facilitar a operação de colheita. O período de tempo e as condições climáticas que decorrem entre o momento da dessecagem e a colheita são fundamentais para o modo como vai decorrer a formação da periderme, que irá desempenhar uma função essencial durante o período de conservação dos tubérculos em câmaras de conservação.

Finalmente tem lugar a colheita dos tubérculos, de acordo com o estado de maturação (idade fisiológica) dos mesmos (Agromais, 2013). A colheita (dos tubérculos de conservação) realiza-se quando a periderme está consolidada e capaz de resistir à abrasão provocada pelas máquinas e detritos envolvidos na operação. Em Portugal, a colheita decorre entre os meses de julho a setembro, de acordo com a região (Quadro 6) (Almeida, 2014).

2.11. A cura das batatas e a suberização das camadas celulares

A cura é um tratamento efetuado às batatas na fase do pré-armazenamento, que pode ser realizado antes do armazenamento (depois da colheita) ou antes da colheita (cultura ainda no solo) (Parson, 1986 & Pinhero *et al.*, 2009). A recomendação geral para a realização desta prática é a de expor os tubérculos a uma temperatura variável entre 12 a 16°C, e a uma humidade relativa de 90-95%, durante duas semanas. O objetivo dessa operação prende-se com a formação de uma camada protetora (*wound periderm*) sobre áreas da batata que estejam feridas (Pinhero *et al.*, 2009).

Durante a cura, o metabolismo da batata altera-se no sentido da formação de uma casca mais resistente, através da deposição duma fina camada de células suberizadas nos

locais danificados do tubérculo, seguida de uma deposição da felogene abaixo da camada suberizada, levando à geração de uma rede celular, crescente do interior para o exterior do tubérculo, com reduzidos espaços intercelulares. Esta nova camada (*wound periderm*), de acordo com Pinheiro *et al.*, (2009) é ainda mais resistente do que a periderme original da batata (*native periderm*).

O processo de suberização, que decorre durante a cura, é muito lento a temperaturas baixas e cessa completamente abaixo de 2°C (Pinheiro *et al.* 2009), pelo que se recomendam temperaturas entre 12 a 16°C, no caso de cura após a colheita.

A cura traz variadas vantagens, associadas ao engrossamento da casca dos tubérculos, tais como a limitação das perdas de massa dos mesmos, a redução do risco de escurecimento enzimático observado frequentemente na recolha de tubérculos não maduros (Kempen *et al.*, 1999), a prevenção da penetração de microrganismos e a redução da suscetibilidade a doenças, pragas e golpes aumentando a sua aptidão para a conservação (Pinheiro *et al.*, 2009 e Parson, 1986).

Por vezes, quando se realizam colheitas precoces, deixam-se as batatas algumas semanas no solo depois da dessecação da rama, de modo a que a casca engrosse e fique mais resistente à abrasão (Parson, 1986). Segundo Kempen *et al.*, (1999), deixar as batatas no solo cerca de duas a quatro semanas depois da desfolha (antes da colheita), permite fortalecer a espessura e sobretudo a aderência do felema epidérmico dos tubérculos. Depois da colheita faz-se ainda uma espécie de “segunda cura” com temperatura e humidade controladas, de acordo com os valores acima referidos, e com ventilação adequada durante esse tempo dentro do armazém (Parson, 1986).

Diversos fatores como a temperatura, a humidade atmosférica, as concentrações de O₂ e CO₂, assim como a cultivar, a idade fisiológica do tubérculo e o uso de inibidores do crescimento de rebentos, afetam o processo de cura. No entanto, os principais determinantes da taxa de cura são a temperatura e a humidade relativa (Pinheiro *et al.*, 2009).

É interessante notar que os valores de temperatura e de humidade que são adequados para que a cura se desenrole são por outro lado favoráveis à proliferação de fungos e bactérias e de outros agentes patogénicos causadores de doenças. É essencial que dentro dos armazéns existam sistemas de ventilação que controlem as oscilações de humidade e temperatura, impedindo que a última suba acima dos 20°C, evitando condições que favoreçam as perdas por respiração e o proliferar de doenças (Pinheiro *et al.*, 2009).

Para prevenir perdas por respiração adicionais, a temperatura deve ser reduzida o mais rápido possível após a cura, para a temperatura de manutenção (*holding temperature*) necessária (Pinheiro *et al.*, 2009).

2.12. Armazenamento dos tubérculos

Um armazenamento adequado da matéria-prima constitui o primeiro fator de sucesso para a obtenção dum produto final com qualidade sensorial, que inclui aspetos como a

aparência, cor, sabor, e parâmetros de textura como a firmeza, dureza e teor de humidade. Estas variáveis modificam-se com a composição química do produto e com o seu amadurecimento (Bansal *et al.*, 2015).

De acordo com Pinhero *et al.*, (2009), os fatores fundamentais para um armazenamento adequado baseiam-se na gestão correta da temperatura, da humidade, dos níveis de CO₂ do armazém e do sistema de trocas de ar com o exterior. Estes fatores devem ser controlados com o uso de diversos tipos de instrumentos, que deverão ser usados diariamente, de modo a maximizar a qualidade durante esta fase. De acordo com Voss *et al.*, (2004) a temperatura adequada para a conservação, durante longos períodos de tempo, de batatas destinadas ao processamento mínimo é de aproximadamente 7,2°C. A humidade relativa ideal é de 95%, referindo que abaixo de 90% a perda de massa dos tubérculos aumenta rapidamente.

Segundo Pinhero *et al.* (2009) as temperaturas mais altas dentro dos sacos ou paletes de armazenamento das batatas registam-se entre os 40 e os 50 cm de profundidade. Neste local as temperaturas deverão ser monitorizadas, assim como em pontos mais profundos ou mais à superfície, de modo a registar os gradientes de temperatura ocorrentes assim como pontos de temperatura mais elevada dentro do saco, que por vezes podem ser indicadores da presença de doenças como a podridão mole da batateira. Esta medida de controlo torna-se essencial para a prevenção da disseminação de doenças como a referida, permitindo a remoção precoce de tubérculos contaminados ou o aumento da ventilação dentro da câmara.

Apesar da tecnologia existente permitir aos trabalhadores uma maior liberdade no controlo das condições dos armazéns a cada momento, de modo presencial, o ideal é a existência de um controlo diário dos mesmos, com verificação das temperaturas, deteção da presença de humidade nos tubérculos, da presença de pragas (como a mosca da fruta) e ainda de sinais importantes como certos odores (Pinhero *et al.*, 2009).

2.13. Problemas passíveis de ocorrer na fase pós-colheita

Os elevados teores de humidade e taxas metabólicas da batata conferem-lhe uma natureza perecível, que se traduz num metabolismo muito ativo durante a fase pós-colheita, traduzido por perdas de massa e consequentemente de qualidade. As principais causas destas perdas são bióticas, como por exemplo a ocorrência do abrolhamento que leva a perdas de peso do tubérculo, ou a ocorrência de pragas e doenças, ou ainda devido a variações bioquímicas (perda de peso devido a respiração celular) (Pinhero *et al.*, 2009).

Outras causas também consideráveis são as abióticas como a temperatura (passível de causar o fenómeno LTS, já referido no ponto 2.5.3, e que consiste na conversão de amido em açúcares nos tubérculos, sob condições de baixas temperaturas), a ocorrência de *pressure flattening* (compactação dos tecidos dos tubérculos, devido ao contacto e pressão entre os mesmos durante o tempo em que estão armazenados em paletes ou sacos), a presença de água, a composição atmosférica, a luz (que provoca uma coloração esverdeada nos tubérculos

quando estes são expostos a luz, devido à estimulação da produção de solanina (um alcaloide potencialmente tóxico) (Clayton, 2014) e stresses mecânicos (em batatas com casca) (Siddiqui & Rahman, 2015).

2.14. A batata minimamente processada (IV gama)

Os produtos minimamente processados são cada vez mais procurados pelos consumidores devido à sua maior conveniência associada ao menor trabalho na sua preparação, antes de poderem ser consumidos e à sua disponibilidade em embalagens de porções pré-definidas, mantendo a qualidade do produto em natureza. No entanto estes produtos apresentam menor período de vida útil, dada a sua maior suscetibilidade a desidratação, ao desenvolvimento microbiano, ao acastanhamento, à descoloração e ao desenvolvimento de sabor e aroma estranhos (Bansal *et al.*, 2015).

Para o processamento mínimo de produtos hortícolas, nomeadamente da batata, é muito importante que se proporcionem todos os meios possíveis para que se mantenha a qualidade desde a colheita no campo até à fase pós-colheita. A escolha da cultivar a utilizar é um dos fatores essenciais que determinam a qualidade da batata minimamente processada. Esta, de acordo com Rocculi *et al.* (2009), deverá ser pouco sensível a desordens fisiológicas e a doenças microbianas, ter tecidos com uma elevada resistência mecânica, manter baixas taxas de respiração e ainda ter elevada resistência a altas concentrações de CO₂ e/ou baixo O₂.

A produção de batatas minimamente processadas engloba diversas etapas que se iniciam com a entrada da matéria-prima na fábrica. As batatas devem ser pré-lavadas antes do processamento mínimo (Figura 20) de modo a evitar contaminações cruzadas passíveis de ocorrer pelo descasque e corte do material vegetal. Uma segunda lavagem pode ser feita depois do descasque e/ou do corte, de modo a remover resíduos que ainda estejam aderentes, reduzindo assim a proliferação de microrganismos e prevenindo oxidações durante o armazenamento. É aconselhável que a temperatura da água utilizada para as lavagens esteja abaixo dos 5°C (Rocculi *et al.*, 2009), podendo nesta ser misturados desinfetantes e antioxidantes.

Existem diversos métodos de descontaminação e prevenção do escurecimento utilizados no processamento mínimo para prolongar a vida útil dos hortofrutícolas, como se pode ver no Quadro 7. Os agentes sulfurados, que incluem o dióxido de enxofre (SO₂) e diversas formas de sulfitos inorgânicos que libertam SO₂ durante o seu uso, são os inibidores do escurecimento enzimático mais comumente usados no caso da batata. No entanto, os sulfitos têm alguns efeitos adversos para a saúde humana, existindo algumas

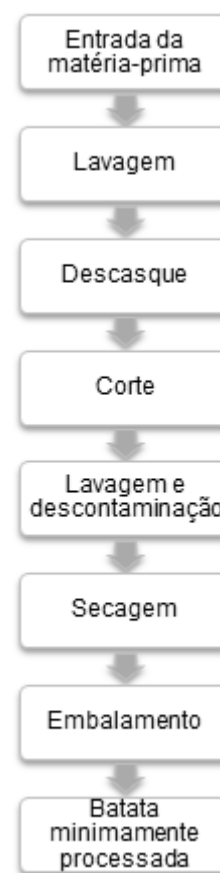


Figura 20 – Sequência de processos necessários para a obtenção de batatas minimamente processadas (Rocculi *et al.*, 2009).

restrições legislativas ao seu uso na desinfecção de produtos de IV gama. No entanto, é permitida a utilização de sulfitos em batata minimamente processada, uma vez que estas não estão incluídas nas regras das restrições legislativas, pelo facto de serem cozinhadas antes de consumidas, processo que leva à evaporação do SO₂. Além disso, e apesar do esforço feito pelos investigadores na procura de substitutos naturais para os sulfitos, nenhum foi até agora encontrado que seja tão eficaz como os sulfitos na sua ação antimicrobiana e na sua capacidade de prevenir o escurecimento enzimático. Todas estas razões em conjunto com o baixo custo dos sulfitos, fazem destes os compostos mais usados na indústria de batata minimamente processada (Petri *et al.*, 2008).

Entre os agentes naturais já estudados, o ácido cítrico (AC) e o ácido ascórbico (AA) têm sido extensivamente referidos pela sua atividade anti-escurecimento. O AA diminui o número de o-quinonas, evitando a formação de compostos escuros durante as reações da PPO com os compostos fenólicos. O AA tem sido utilizado isolado ou combinado com outros agentes de desinfecção como o AC, em concentrações de 0,1% para 4% (Petri *et al.*, 2008).

Quadro 7 – Alguns métodos disponíveis para a extensão da vida de prateleira de produtos minimamente processados (Adaptado de Bansal *et al.*, 2015).

Método	Exemplo	Atuação	Vantagem
Acidulante	Ácido cítrico	Escurecimento enzimático	Económico e disponível a partir de fontes naturais
Antioxidante	Ácido ascórbico	Escurecimento enzimático	Económico
Antioxidantes	Sulfitos	Escurecimento enzimático	Económico e altamente eficaz
Antimicrobiano	Hipocloritos	Contaminações microbianas	Económico
Embalagem de atmosfera modificada	Atmosfera de baixa concentração de oxigénio	Respostas metabólicas Escurecimento enzimático Desenvolvimento microbiana	Eficaz na prevenção da deterioração

Os métodos de descasque mais utilizados a nível industrial incluem o mecânico, químico ou de vapor de alta pressão. No entanto, de acordo com Gurbuz & Chang (1997), o descasque ideal para as batatas é por corte com lâminas “bem afiadas”, de modo a fazer um corte o mais suave possível, que reduza a destruição das camadas superficiais de células. Laurila *et al.*, (1998) referiram que desse modo é possível que tubérculos de batata se mantenham conservados durante 7 dias, sem qualquer adição de produtos químicos anti-escurecimento.

A utilização de embalagens modificadas surgiu no início do século XX para aumentar o tempo de conservação dos alimentos embalados. O uso do embalamento a vácuo (Figura 21), que consiste na remoção total ou parcial do ar do interior das embalagens dos alimentos, é hoje em dia uma



Figura 21 – Batatas descascadas e lavadas, embaladas a vácuo.

técnica correntemente usada para estender a vida útil e qualidade dos produtos processados. Esta técnica inibe significativamente o progresso das reações oxidativas e a proliferação de microrganismos aeróbios, que degradam os alimentos durante o armazenamento. O embalamento a vácuo é uma boa alternativa ao uso de tratamentos químicos nos vegetais de IV gama (Rocha *et al.*, 2003).

2.15. Efeito da cozedura das batatas na sua textura

A cocção de produtos hortofrutícolas pode ter um efeito muito marcante nas suas características sensoriais, nomeadamente na sua textura. O referido efeito depende sobretudo do processo de cozedura, temperatura e meio de transferência térmica, bem como das características do produto. No que respeita a essa, salienta-se o estado de maturação/desenvolvimento, a composição e a sua estrutura. De acordo com Waldron *et al.*, (2003) durante o processamento térmico ocorrem diversas alterações nos frutos e vegetais, que podem afetar a estrutura interna dos seus tecidos.

Os tratamentos que recorrem ao uso de fontes de calor provocam uma perda inicial de firmeza, devido ao rompimento das membranas celulares, que vai possibilitar a difusão de água e de partículas de baixo peso molecular para o exterior das células, resultando numa perda de turgescência das mesmas. Este fenómeno pode conferir aos hortícolas cozinhados uma textura elástica (semelhante a borracha) (Waldron *et al.*, 2003).

De acordo com García-Segovia *et al.*, (2008) e Taylor *et al.*, (2007) a textura de uma batata cozida varia com diversos fatores, nomeadamente o tamanho das células, a estrutura das paredes celulares, a composição química do tubérculo e os teores de amido, substâncias pécicas, matéria seca, amilase (enzimas catalisadoras da hidrólise da amilopectina e da amilose), açúcares, proteínas e azoto total do tubérculo.

Uma vez que o amido é o principal componente da batata, este tem uma grande influência na textura da batata cozida. As variações texturais que ocorrem nestes hortícolas estão associadas aos fenómenos de gelatinização e retrogradação do amido, assim como às alterações enzimáticas e não-enzimáticas das pectinas (García-Segovia *et al.*, 2008).

Quando uma suspensão de grânulos de amido é aquecida em água, esses grânulos aumentam de volume (incham) tornando essa suspensão mais espessa, evoluindo até a um nível máximo de viscosidade (pico da viscosidade), que indica que o amido gelatinizou. Esta viscosidade começa a diminuir à medida que os grânulos de amido hidratados, se começam a romper. No entanto, durante o seu arrefecimento, a suspensão sofre o processo de retrogradação, em que volta a tornar-se mais grossa, com uma textura gelatinosa, e a viscosidade aumenta novamente. Isto ocorre devido à agregação das moléculas de amilose do amido, umas com as outras, através de pontes de hidrogénio. Estas reações acontecem aos grânulos de amido do interior dos tubérculos, durante o seu arrefecimento e afetam significativamente a sua textura (Ratnayake & Jackson, 2008 e Gormley, 1998).

Segundo Taylor *et al.*, (2007), quando o amido gelatiniza aumenta de volume e consequentemente provoca um aumento de pressão no interior das células do tubérculo que pode levar à separação das mesmas, degradando as pectinas e deformando as paredes celulares. Assim, o mesmo autor indica a existência de uma relação entre o teor de amido das batatas e o grau de desintegração das mesmas na cozedura, referindo que geralmente quanto mais amido, maior a desagregação. É importante ainda referir, que esta relação varia com a zona da batata onde há mais amido. Entre cultivares que tenham a mesma quantidade de amido, aquelas que têm maior concentração dessa macromolécula na zona exterior ao anel vascular, quando cozidas, desintegram-se mais do que aquelas que têm mais amido em zonas interiores ao anel.

A degradação das pectinas das paredes celulares é catalisada por enzimas como as pectinases (que incluem a pectina-metil-esterase (PME) e a poligalacturonase (PG)), durante a fase de aquecimento da cozedura, degradando as pectinas e levando ao amolecimento da batata (García-Segovia *et al.*, 2008 e Taylor *et al.*, 2007).

De acordo com Gormley (1998), as cultivares de batata com teores de matéria seca mais elevados, quando cozidas, revelam ter uma textura farinhenta, em contraste com cultivares com baixos teores de matéria seca, que apresentam texturas mais gomosas (Figura 22).

Taylor *et al.* (2007) referem ainda que o tamanho das células influencia a textura das batatas cozidas, sendo que as células maiores se separam mais facilmente durante a cozedura, e portanto são promotoras de texturas menos firmes. Este facto é interessante, uma vez que está relacionado não só com a cultivar mas também, dentro da mesma cultivar, com o momento em que foi realizada a colheita. Quanto mais tarde se colhe, maiores são as células, uma vez que o tubérculo se encontra mais desenvolvido.



Figura 22 – Influência do teor de matéria seca das batatas (*Solanum tuberosum* L. cv. Charlotte), na sua textura após cozidas: a) 18,4% de MS b) 20,7% c) 22,4% (Rousselle-Bourgeois & Rousselle , 1999).

2.16. Cultivares de batata. A cultivar Monalisa

Em 1926, Salaman definiu uma variedade de batata como “*um conjunto de plantas idênticas, que partilham características diferentes das do indivíduo que lhes deu origem (do qual surgiram por propagação vegetativa)*”, sendo uma “*variedade de batata considerada distinta de outra quando difere de todas as outras variedades numa ou mais características identificáveis, quer sejam de natureza morfológica ou fisiológica*”.

Atualmente existem inúmeras variedades de batata (Figura 23), estando regularmente a surgir novas opções no mercado, o que é demonstrado na mais recente edição do *World Catalogue of Potato Varieties* que lista cerca de 4200 cultivares existentes em mais de 100 países, apresentando informação de todas as regiões produtoras de batata do mundo. Neste catálogo estão descritos os nomes das variedades, o ano em que foram introduzidas na indústria, os países onde são possíveis de cultivar, o seu tipo de maturação, as características do tubérculo, como a cor, a forma e a profundidade dos olhos, o seu destino preferencial (consumo em fresco ou indústria) e a resistência a doenças (Centro Internacional de La Papa, 2015). Apenas uma parte destas cultivares é selecionada para ser correntemente cultivada, sendo escolhidas de acordo com a sua futura utilização (Bradshaw & Ramsay, 2009). De acordo com a Agromais (2013), na produção de batata de indústria, a variedade historicamente mais utilizada é a *Hermes*, cultivando-se também, atualmente, a *Lady Roseta*, a *Brooke* e a *VR*.



Figura 23 - Variação do aspeto físico de batatas de diferentes variedades em termos de cor da casca e da polpa (Tucker Farms, 2015).

Neste trabalho, foi estudada a batata da cultivar *Monalisa* (Figura 24), que nos últimos anos tem sido cultivada pelo produtor, dado que o cliente final a tem escolhido utilizar para o processamento mínimo, cujo destino final é a cozedura. No Quadro 8 encontram-se indicadas as características gerais desta variedade.

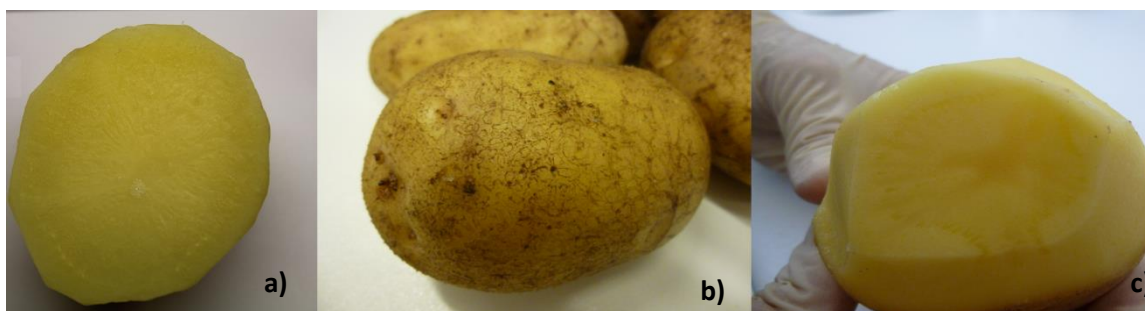


Figura 24 – Batatas da cultivar *Monalisa*: **a)** aspeto da cor da polpa depois de cozida; **b)** cor da casca de uma batata de final de ciclo; **c)** cor da polpa de uma batata crua.

Quadro 8 – Características de *Solanum tuberosum* L. cv. Monalisa (MC Rios, 2011; NIVAP, 2011 e Silva *et al.*, 2007).

Característica	Descrição
Período de Dormência	Longo a semi-longo
Emergência	Normal
Maturação	Semi-precoce
Ciclo de vida	90 a 110 dias
Desenvolvimento da folhagem	Boa a bastante boa
Rendimento	Moderado a bom
Calibre	28/35mm; 35/55mm; 35/45mm; 45/50mm
Cor da casca	Amarela
Cor da polpa	Bastante amarela
Forma dos tubérculos	Oval a oval-alongada
Profundidade dos olhos	Superficiais
Tamanho dos tubérculos	Grande
Teor de Matéria Seca	19,4%
Próprio para	Consumo em fresco
Tipo após cozinhado	Consistente a bastante consistente quando cozida
Produto Final Maturação	Bom
Cor Polpa após cozinhar	Amarela
Sarna comum	Suscetível
Enegrecimento por impacto	Boa resistência
Enegrecimento interno	Moderado a sensível

A qualidade é um conceito variável de acordo com o destino que se pretende dar a um produto, variando consoante o tipo de confeção que se vai dar à batata de indústria.

De acordo com Rousselle-Bourgeois & Rousselle (1999), o teor ótimo de matéria seca depende da variedade de batata e do uso que se faz dessa, sendo que as batatas destinadas à cozedura em água ou a vapor deverão ter um teor de MS moderado (17 a 20%), o que faz com que os tubérculos se desfaçam pouco após a cozedura. Pelo contrário, as batatas para fritar ou cozinhar em azeite, por exemplo, devem ter um teor de MS mais elevado (entre 20 a 24%) e a fécula de batata deverá ter um teor superior a 25%, sendo este o único critério que este produto precisa de cumprir.

Durante a confeção, a degradação dos açúcares redutores (glucose e frutose) e a sua interação com os aminoácidos leva por vezes ao acastanhamento de certas partes do tecido dos tubérculos que provocam alteração de sabor. Isto pode ser controlado gerindo as temperaturas de conservação da batata em armazém. Esta reação (reações de *Maillard*) é um fenómeno muito estudado e de muita importância no sector da batata de indústria, especialmente nas batatas para fritar (Wismer *et al.*, 1995).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Introdução

Tal como referido, o presente trabalho incidiu sobre o estudo da influência da data de colheita e condições de cura e armazenamento da batata, na sua aptidão à cozedura. Tendo em conta este objetivo, os procedimentos realizados consistiram inicialmente na recolha de amostras de batata diretamente do campo e na sua caracterização química e morfológica. Foi também efetuado o processamento mínimo das mesmas amostras, de modo semelhante ao que é feito na empresa BATCEL, como tentativa de entender o problema exposto pelo gerente da fábrica relativo à inadequada textura das batatas de um lote do ano 2014 quando cozidas, que ficavam extremamente rijas após a cozedura.

3.2. Localização e caracterização edafo-climática da parcela do ensaio

As amostras utilizadas neste ensaio foram cultivadas e recolhidas de um terreno localizado em Pancas, local pertencente ao concelho de Benavente, incluído na freguesia de Samora Correia. Nesse terreno encontra-se instalado um pivot de rega que abrange cerca de 50 ha (Figura 25) que são distribuídos para o cultivo de diversas culturas hortícolas. Este ano foram plantados pela empresa responsável pela parcela do ensaio, 4 ha de batata da cultivar Monalisa, a pedido do cliente BATCEL que este ano encomendou e recebeu um lote de batatas para cozer, produzidas nesse terreno.



Figura 25 - Fotografia aérea da área total do terreno (50 ha), onde estiveram instaladas as batateiras regadas por um pivot (Google maps, 2015).

De acordo com a classificação de *Koppen*, o Montijo (local próximo do ensaio) encontra-se localizado na região Csa, definida por ter um clima temperado, com Inverno chuvoso e verão seco e quente (IPMA, 2015). As temperaturas, a humidade relativa e a precipitação registadas nesse local para o período em que a cultura se encontrou instalada no solo (desde a plantação até à colheita), encontram-se apresentadas nas Figura 26 e Figura 27. Como se pode ver, a temperatura média máxima foi atingida no mês de julho (29,4°C) e a temperatura média mínima no mês de março (8,7°C).

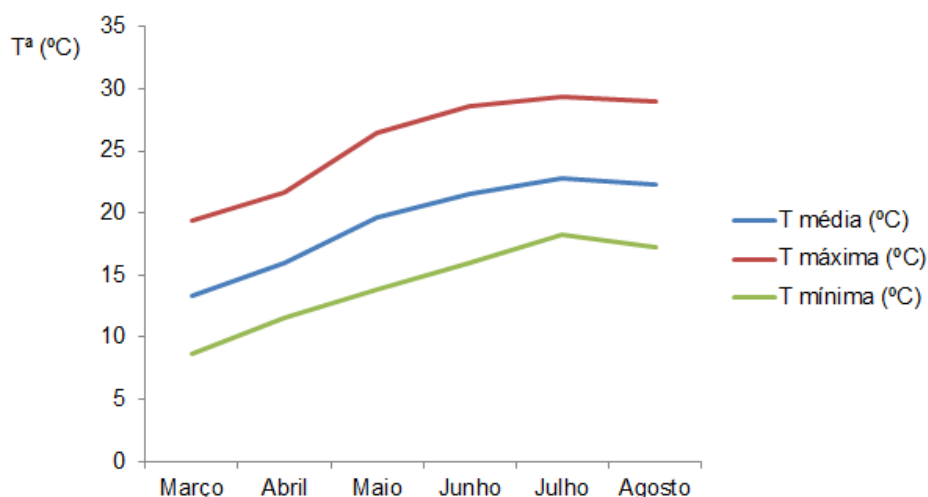


Figura 26 – Temperaturas máximas, mínimas e médias, registadas entre os meses de Março e Agosto de 2015, na região do Montijo. Os valores para cada mês foram obtidos das médias das temperaturas diárias de cada mês (Tutiempo, 2014).

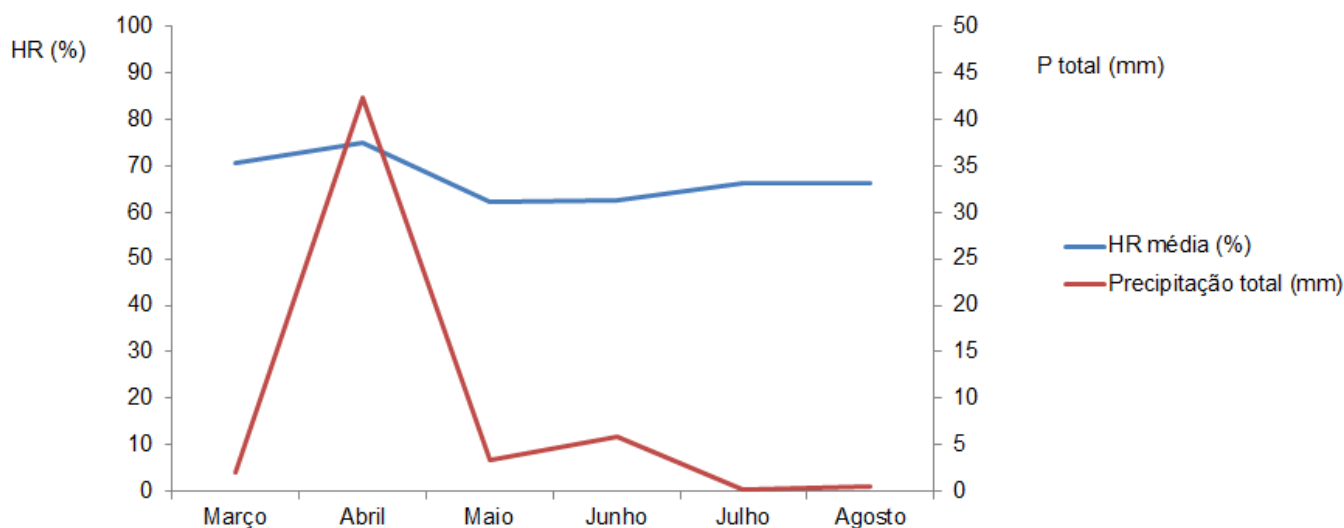


Figura 27 – Médias da precipitação (mm) e humidade relativa (%) diárias, registadas entre os meses de Março e Agosto de 2015, na região do Montijo (Tutiempo, 2014).

3.3. Amostragem

As operações culturais efetuadas às batateiras foram totalmente da responsabilidade do engenheiro encarregue da parcela, não tendo havido qualquer tipo de intervenção adicional no campo que fosse propositadamente efetuada para a realização deste estudo.

No Anexo 1 encontram-se descritas todas as operações culturais realizadas no campo, desde o momento de plantação da batata-semente até à colheita, assim como as respetivas datas, os produtos aplicados e o estado fenológico em que as plantas se encontravam a cada momento.

A primeira visita de campo foi efetuada no dia 22 de maio, tendo portanto sido apenas feito o acompanhamento do crescimento da cultura a partir desta data. No Anexo 2, pode ver-se o aspeto geral do campo a partir da data acima referida, assim como a evolução dos calibres das batatas nas respetivas datas e momentos do ciclo cultural das plantas.

A plantação da batata-semente foi efetuada no dia 26 de março de 2015. Uma parte da parcela (2ha) foi colhida no dia 2 de agosto e a outra parte (2ha) sofreu uma dessecação da rama no dia 29 de julho (feita por monda química com recurso ao dessecante diquato) e foi apenas colhida no dia 25 de agosto (27 dias de cura natural).

Uma vez que o objetivo deste trabalho se centrou na caracterização química e morfológica das batatas ao longo dos processos de cura e de conservação, a data da dessecação foi um fator muito importante, visto que o início da “cura natural” dos tubérculos (no interior dos camalhões) se inicia a partir desse momento. No entanto, foi deixado ao critério do responsável de campo a escolha do momento da queima da parte aérea, de modo a realizar as análises a material vegetal, que estava sujeito a condições o mais idênticas às que decorrem nesses campos de produção comercial.

A recolha de amostras de batata iniciou-se no dia 14 de julho, dia coincidente com o final do ciclo biológico natural da planta (110º dia do ciclo). Procedeu-se a colheitas consecutivas até ao dia 25 de agosto, conforme o Quadro 9. Cada amostragem compreendeu cerca de 50 batatas. Foi medida a temperatura do solo (Figura 28), a poucos centímetros de profundidade do topo dos camalhões, com recurso a um termómetro de solo e foi feito o transporte do material para o ISA para ser analisado. No Quadro 9, encontram-se esquematicamente apresentados os dias em que foram feitas colheitas e análises químicas, assim como o tratamento de cura e conservação a que os tubérculos foram sujeitos.



Figura 28 – Medição da temperatura do solo com recurso a um termómetro de solo.

Quadro 9 – Esquema das datas de recolha de amostras de batata no campo, dos tempos de cura a que as mesmas foram sujeitas (no solo ou em câmara a 16°C), dos tempos de armazenamento (à temperatura ambiente ou em câmara frigorífica a 4°C) e das operações efetuadas no laboratório do ISA. As análises químicas realizadas consistiram na quantificação da atividade da PPO, da PAL, dos açúcares redutores da polpa e ainda dos compostos fenólicos das cascas.

Amostra	Data de recolha de amostras	Tempo de cura e respetiva temperatura	Tempo de armazenamento e respetiva temperatura	Operação realizada
A (1)	14/07/2015	0 dias	0 dias	Colheita e análises (no próprio dia)
B (2)		15 dias de cura em câmara a 16°C	0 dias	Análises (no dia 29 de julho)
-	17/07/2015	3 dias de cura natural no solo	0 dias	Colheita
-		12 dias de cura em câmara a 16°C	0 dias	Retiradas da câmara a 16°C e colocadas a 4°C
-	20/07/2015	6 dias de cura natural no solo	0 dias	Colheita
-		9 dias de cura em câmara a 16°C	0 dias	Retiradas da câmara a 16°C e colocadas a 4°C
-	23/07/2015	9 dias de cura natural no solo	0 dias	Colheita
-		6 dias de cura em câmara a 16°C	0 dias	Retiradas da câmara a 16°C e colocadas a 4°C
-	27/07/2015	12 dias de cura natural no solo	0 dias	Colheita
-		3 dias de cura em câmara a 16°C	0 dias	Retiradas da câmara a 16°C e colocadas a 4°C
C (3)	29/07/2015 (dessecagem)	0 dias (recomeçando a contar por ser o dia da dessecagem)	0 dias	Colheita e análises (no próprio dia)
D (4)		15 dias de cura em câmara a 16°C	0 dias	Análises (a 13 de agosto)
-	3/08/2015	5 dias de cura natural no solo (após dessecagem)	0 dias	Colheita
-	7/08/2015	9 dias de cura natural no solo (após dessecagem)	0 dias	Colheita
E (5)	13/08/2015	15 dias de cura natural no solo (após dessecagem)	0 dias	Colheita e análises (no próprio dia)
F (6)			1 mês à T ^a ambiente do laboratório	Análises (a 15 de setembro)
G (7)	25/08/2015	1 mês (27 dias) de cura natural no solo (após dessecagem)	21 dias a 4°C	Colheita mecânica e análises (a 15 de setembro - 21 dias depois da colheita e de estarem armazenadas a 4°C)
H (8)			1 mês à T ^a ambiente da BATCEL (20 – 27°C)	Colheita mecânica e análises (a 24 de setembro – 1 mês depois da colheita e de estarem armazenadas à T ^a ambiente)

A observação macroscópica e alguns testes laboratoriais efetuados às amostras A e H (colhidas nas datas mais afastadas e submetidas a condições de armazenamento diferentes), conduziram a que as análises às amostras de batata incidissem apenas sobre as que se encontram identificadas no Quadro 10. Assim foram analisadas amostras sem cura no campo (amostras A,B, C e D) e amostras com cura no campo (amostras E, F, G e H).

Quadro 10 – Descrição das amostras analisadas laboratorialmente ao longo do trabalho.

Amostra	Data de colheita	Tempo e T ^a de cura	Tempo e T ^a de armazenamento
A	14/07/2015	0 dias	0 dias
B		15 dias de cura em câmara a 16°C	0 dias
C	29/07/2015 (dessecagem)	0 dias de cura natural no solo	0 dias
D		15 dias de cura em câmara a 16°C	0 dias
E	13/08/2015	15 dias de cura natural no solo (após dessecagem)	0 dias
F			1 mês à T ^a ambiente no laboratório
G	25/08/2015	1 mês de cura natural no solo (após dessecagem)	21 dias a 4°C
H			1 mês à T ^a ambiente na BATCEL

No Quadro 9, pode ver-se que foram realizadas colheitas aproximadamente de duas em duas semanas. A Amostra A foi a primeira a ser colhida, da qual foram selecionadas 4 batatas para análise no próprio dia. Todas as restantes foram colocadas numa câmara de crescimento, cuja temperatura se encontrava previamente regulada para 16°C. As batatas que foram colocadas nesta câmara (Amostra B) permaneceram no mesmo local durante 15 dias (até dia 29 de julho), até nessa data serem novamente escolhidas 4 batatas para analisar. O mesmo procedimento foi feito para as restantes amostras (C a G), nos dias descritos no Quadros 9.

As análises químicas efetuadas consistiram na quantificação das atividades das enzimas PPO e PAL da polpa das batatas, dos compostos fenólicos das cascas das batatas, do teor de açúcares redutores da polpa, e ainda da proteína total da polpa. Todas estas análises foram feitas em 4 repetições, que corresponderam a 4 batatas de cada amostra.

3.4. Controlo analítico

3.4.1. Teor de matéria seca da polpa

O teor de matéria seca foi determinado por gravimetria. Massas conhecidas (cerca de 6g) de fatias finas de polpa de 4 batatas foram pesadas e colocadas a secar a 65°C (Figura 29) numa estufa, durante 48 horas. O teor de matéria seca foi calculado dividindo o peso final pelo peso inicial e multiplicando esse valor por 100.



Figura 29 – Preparação de fatias de polpa de batata para colocar a secar na estufa.

3.4.2. Fenóis totais da casca

Os compostos fenólicos totais da casca das batatas foram analisados de acordo com o método adaptado de Wang *et al.*, (2015). No Anexo 3 pode ver-se o protocolo detalhado utilizado para esta análise, que foi feita a 4 batatas de cada amostra. Foram cortados pedaços da casca e pesados numa balança (≈ 1 g), tendo sido de seguida moídos num almofariz com azoto líquido, até as cascas ficarem transformadas num pó fino. Este foi embrulhado em papel de alumínio, posteriormente sujeito a um choque de azoto líquido e colocado num congelador a -80°C , de modo a prevenir que ocorressem oxidações indesejadas.

No momento da preparação do extrato, retirou-se o material do congelador e com uma colher colocou-se num tubo tipo eppendorf a casca moída, juntamente com o metanol, o ácido fórmico e a água. A mistura foi deixada 24 horas a cerca de 5°C e posteriormente procedeu-se à agitação por sonicador durante 20 minutos, à temperatura ambiente. O método do autor referido sugere a sonicação a 30°C , 30 minutos, mas fizeram-se previamente testes com vários tempos e temperaturas que indicaram não haver qualquer diferença entre os valores obtidos nas diferentes condições.

Em seguida, os tubos foram colocados a centrifugar e o sobrenadante foi diluído em água, num novo tubo tipo eppendorf, tendo esta mistura sido transferida finalmente para uma cuvette de metacrilato, de modo a poder ser lida no espectrofotómetro no comprimento de onda de 280 nm (Figura 30).

Os valores obtidos nas leituras do espectrofotómetro foram convertidos em μg de ácido gálico/g de casca fresca de batata, através da aplicação de uma equação relativa a uma curva de calibração, previamente estabelecida no laboratório. O ácido gálico, juntamente com o ácido clorogénico e o ácido cafeico (entre outros compostos como a catequina, a malvidina e os glicocalcóides, α -Chaconina e solanina) são os principais compostos fenólicos da batata (Reddivari *et al.*, 2010).



Figura 30 – a) tubos tipo eppendorf com o extrato da reação (casca moída, ácido fórmico, água e metanol); b) sonicação dos tubos; c) leituras no espectrofotómetro.

3.4.3. Análises das enzimas PAL e PPO, e do teor de açúcares redutores da polpa das batatas

Para as análises da PAL, PPO e açúcares, foi necessário preparar a polpa das 4 batatas de cada amostra, de modo a poder ser utilizada nas reações químicas posteriores. Os três métodos requisitaram no primeiro passo, pequenas quantidades de polpa moída num pó fino. Para isso, foi usado um almofariz e azoto líquido, para moer cerca de 5 g de polpa de batata, que foi previamente ralada,

misturada com o azoto líquido e triturada, como se pode ver na Figura 31. Este pó foi guardado em pedaços de papel de alumínio no congelador a -80°C , após choque com N líquido, para poder ser utilizado à medida que fosse

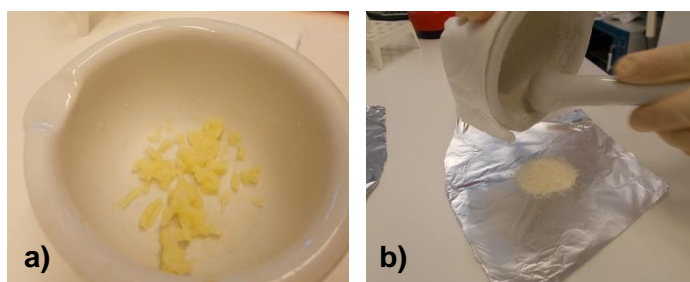


Figura 31 – a) Pedacos de polpa ralada para dentro do almofariz; b) Pó obtido, depois da polpa ser moída com azoto líquido, pronto a guardar no congelador.

3.4.3.1. Fenilalanina-amonia-liase (PAL)

As análises efetuadas para quantificar a presença da enzima PAL foram baseadas no método utilizado por Ke & Saltveit, (1986) em alface *Iceberg*. No Anexo 4 encontra-se o protocolo experimental aplicado nestas análises de modo mais detalhado. Com uma colher foram colocados 650 mg de polpa de batata, num tubo tipo eppendorf, juntamente com o PVPP e o tampão borato (pH 8,5), tendo sido colocado de seguida o tubo a centrifugar. O líquido sobrenadante foi pipetado para um novo tubo tipo eppendorf e foi misturado com a fenilalanina, obtendo-se assim o extrato para análise. Depois preparou-se a amostra controlo, que consistiu em misturar noutra tubo tipo eppendorf, fenilalanina com tampão borato, nas mesmas proporções do extrato. O conteúdo destes dois tubos foi pipetado para o interior de duas

cuvettes, de modo a poder ser feita a leitura no espectrofotómetro, no comprimento de onda de 290 nm. Foram feitas três leituras: no momento imediatamente a seguir à pipetagem da solução para as cuvettes (minuto 0), 2 minutos depois e após 40 minutos de incubação a 40°C dentro duma estufa.

A solução de fenilalanina foi sempre feita de fresco. O protocolo para a sua preparação encontra-se também no Anexo 4.

3.4.3.2. Polifenoloxidase (PPO)

As análises efetuadas para quantificar a presença da enzima PPO foram baseadas no método utilizado por Ngadze *et al.*, (2012) no seu estudo com batatas. Dentro de um tubo tipo eppendorf foram colocados 250 mg de polpa de batata moída, o tampão sódio-fosfato (pH 6), e o PVPP. Em seguida o tubo foi centrifugado 20 minutos a 4°C e o sobrenadante foi retirado para outro tubo, onde foi misturado com catecol e novamente com solução tampão, originando o extrato para análise. A preparação da solução com catecol foi elaborada imediatamente antes da reação.

O controlo da reação foi feito num outro eppendorf, misturando apenas catecol com solução tampão (sem polpa de batata). Estas misturas foram pipetadas, cada uma, para uma cuvette (Figura 32), para serem lidas no espectrofotómetro no comprimento de onda de 546 nm. As leituras foram feitas durante 1 hora, como se encontra indicado no Anexo 5 (protocolo detalhado).

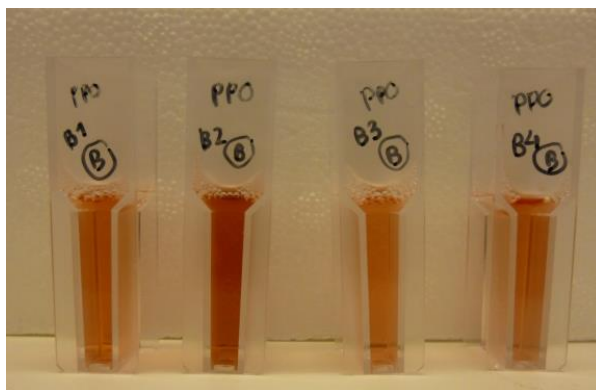


Figura 32 – Exemplo de 4 cuvettes (cada uma contendo polpa de 1 das 4 batatas das repetições) com o extrato da PPO (polpa de batata, tampão sódio-fosfato, PVPP e catecol) no final das leituras no espectrofotómetro a 546 nm. A coloração acastanhada revela a atividade das PPO no acastanhamento da polpa de batata, depois de algum tempo exposto ao ar.

3.4.3.3. Proteínas solúveis totais

Foi utilizado o método de Bradford para o cálculo da quantidade total de proteína solúvel presente na polpa da batata, de cada uma das 4 repetições de cada amostra (Bradford, 1976). Para isso, primeiro foi necessário realizar uma curva padrão. A proteína utilizada na

curva padrão foi a BSA (*Bovine serum albumin*) de um stock (20 mg/mL) previamente preparado. Foram usadas as concentrações 0, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0, 1,2 e 1,4 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$.

Para obter a curva de calibração e o teor de proteína das amostras de batata, foram misturados 20 μL das soluções de BSA (curva) ou do extrato da PPO de cada batata, com 1 mL de solução de Bradford (já preparada no laboratório) e estas soluções foram depois transferidas para uma cuvette e lidas no espectrofotómetro a 595nm (Figura 33).

Os valores obtidos neste aparelho foram convertidos para μg de proteína/ μL , através da equação da reta previamente elaborada.

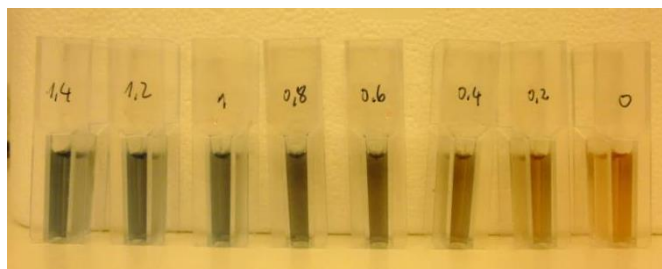


Figura 33 – Soluções de diferentes concentrações de BSA e reagente de Bradford, prontas a ser lidas no espectrofotómetro.

3.4.3.4. Açúcares redutores

O teor de açúcares redutores das batatas foi analisado pelo método apresentado por Bach & Schollmeyer (1992). O protocolo detalhado destas análises encontra-se no Anexo 6. Os extratos compostos por polpa de batata, 2-cianoacetamida e tampão borato, depois dos procedimentos referidos nos anexos, foram pipetados para cuvettes para serem feitas as leituras no espectrofotómetro, no comprimento de onda de 274 nm.

Os valores obtidos nas leituras foram convertidos em μg de ácido D-glucurónico, através da aplicação de uma equação, relativa a uma curva de calibração com diferentes concentrações do ácido, previamente estabelecida no laboratório (Lourenço, 2014).

3.4.4. Análise a nutrientes: potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e boro (B)

Foram feitas análises laboratoriais à quantidade de potássio (macronutriente principal), magnésio, cálcio (macronutrientes secundários) e boro (micronutriente) presentes em 4 batatas, colhidas a 14 de julho e em 4 batatas colhidas a 25 de agosto.

A preparação dos tubérculos para estas análises iniciou-se com o corte de finas fatias das batatas, que foram colocadas a secar numa estufa a 65°C, durante 2 dias. Depois, as mesmas foram moídas até pó fino, que foi novamente seco numa estufa a 100°C durante um dia, e em seguida, colocado numa mufla (550°C) de modo a que todas as moléculas orgânicas presentes fossem destruídas, conservando-se apenas a matéria mineral (cinza). De seguida, para as análises de todos os elementos, foi feita uma digestão das amostras em HCl (ácido

clorídrico 3%). Do extrato obtido, procedeu-se do seguinte modo: para análise do B foi feita uma quantificação por espectrofotometria de absorção molecular (método colorimétrico) em que se utilizou um auto-analisador de fluxo segmentado; para o K, Ca e Mg, foi feita uma quantificação por espectrofotometria de absorção atómica de chama.

3.4.5. Microscopia ótica

Foram efetuados cortes em secções diferentes do tubérculo e observadas por microscopia ótica. Foram medidas as áreas, perímetros e alongamentos das células de batatas colhidas a 14 de julho de 2015 e a 25 de agosto de 2015. Observaram-se 3 secções (Figura 34): exterior ao anel vascular do tubérculo; interior ao anel e região da medula central. Estas datas corresponderam aos dias de colheita mais afastados, tal como pode ver-se no Quadro 9, e foram selecionadas por terem tido os valores mais distintos nos resultados das análises químicas previamente referidas. No

Anexo 7 encontra-se o protocolo detalhado utilizado para estas as medições, que foi baseado no método de Cardoso (2011).

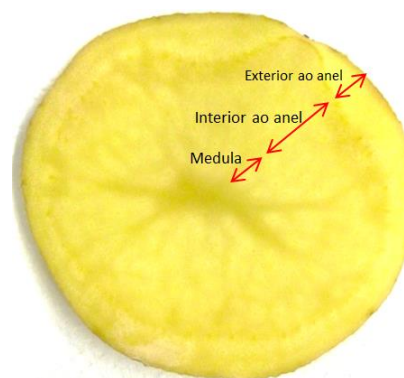


Figura 34 – Secções das batatas que foram cortadas e preparadas para análises microscópicas das células (área, perímetro e alongamento).

3.4.6. Espectroscopia de Infravermelho Próximo (FT-NIR) e de Infravermelho médio (FTIR)

A espectroscopia de infravermelho (IV) próximo (FT-NIR) e de infravermelho médio (FTIR) tem sido vastamente utilizada na agricultura para análises de produtos como grãos, frutas e vegetais, permitindo a quantificação dos seus compostos de modo não destrutivo (Burns & Emil, 2008 e Hartmann & Buning, 1998).

Neste trabalho foram analisadas com estas técnicas a composição química das regiões interna e externa ao anel vascular de 16 batatas diferentes (8 batatas colhidas a 14 de julho e 8 batatas colhidas a 25 de agosto). Pretendeu-se ver se havia alguma diferença na composição dessas duas regiões, uma vez que quando a batata cozida tem uma textura pouco consolidada, é a parte mais exterior da mesma que se decompõe e desfaz mais facilmente.

A espectroscopia de IV médio (FTIR - Fourier Transform Infrared) e de IV próximo (FT-NIR - Fourier Transform Near Infrared) é utilizada para efetuar leituras de materiais sólidos, líquidos ou gasoso, através do uso de espectrofotómetros. Neste caso foi utilizado para o FTIR, o aparelho PLATINUM-ATR da Bruker e para o NIR, o Aparelho FT-NIR MPA da Bruker.

O IV próximo e o IV médio fazem parte da região do infravermelho do espectro eletromagnético. O primeiro inclui a radiação de comprimentos de onda entre os 700 nm e os

2500 nm (15000 cm^{-1} a 4000 cm^{-1}) e o segundo entre os 2500 e os 25000 nm (4000 cm^{-1} a 400 cm^{-1}) (Viscarra Rossel *et al.*, 2006). Nestas análises foram elaborados espectros de reflexão para batatas transformadas em pó, de acordo com o método descrito no Anexo 8 e no Anexo 9.

Os espectros de NIR foram obtidos por reflectância difusa, entre os 12500 e os 4000 cm^{-1} , com uma resolução de 8 cm^{-1} e resultaram da coadição de 100 varrimentos de leitura (scans). Os espectros de FTIR foram também obtidos por reflectância difusa, entre os 4000 e os 400 cm^{-1} , com uma resolução de 4 cm^{-1} , resultando da coadição de 24 varrimentos (24 scans).

A principal vantagem destas técnicas é a de possibilitarem a quantificação rápida e simultânea, de diversos compostos químicos, através das leituras que são feitas por espectrofotometria (Hartmann & Buning, 1998).

3.5. Processamento mínimo das batatas

No laboratório foi efetuado o processamento mínimo das batatas (Anexo 10) do modo mais parecido com o que é feito diariamente na BATCEL. Uma vez que neste trabalho se tentou analisar o comportamento das batatas cozidas (sua textura), procedeu-se posteriormente à cozedura das mesmas, tendo sido selecionadas para a experiência apenas as batatas colhidas a 14 de julho de 2015 e a 25 de agosto de 2015, pelo mesmo motivo apresentado em 3.4.5.

Na fábrica em estudo a transformação das batatas inicia-se com uma primeira lavagem, sendo os *bigbags* (250 kg) colocados numa estrutura que os sustém no ar, de modo a que as batatas caiam para um tanque de lavagem. A partir deste tanque os tubérculos são transportados por um tapete rolante até um descascador abrasivo. No processamento em laboratório as batatas foram sujeitas a uma primeira lavagem com água, e em seguida descascadas num descascador abrasivo elétrico de uso doméstico (Anexo 10).

Na fase seguinte do processamento industrial, os tubérculos descascados são levados por um tapete rolante para um novo tanque de lavagem, onde são mergulhados numa solução aquosa de metabisulfito de sódio (5%) (Figura 35). Após essa lavagem final segue-se o embalamento a vácuo (80%), que é feito em complexos laminados de poliamida e polietileno sem qualquer perfuração, com capacidade para 7 kg (aproximadamente 60 batatas). As embalagens são colocadas em câmaras frigoríficas a 4°C , até serem distribuídas aos clientes.



Figura 35 – Tanque de descontaminação dos tubérculos (em cima). Sacos armazenados em câmara frigorífica, prontos a serem distribuídos aos clientes (abaixo).

Em laboratório, as batatas depois de descascadas foram tratadas com solução aquosa de metabissulfito. O material de embalagem utilizado foi o mesmo que na indústria. Foram efetuadas embalagens contendo 3 batatas, que foram posteriormente submetidas a vácuo e armazenadas a 4°C (6 embalagens para cada uma das duas datas, contendo cada uma 3 batatas - Anexo 10).

3.6. Aptidão das batatas para a cozedura

Para dar resposta ao objetivo proposto, batatas colhidas nas referidas datas e sujeitas aos diferentes tipos de cura foram submetidas ao processo de cozedura. Cozeram-se em conjunto as 3 batatas de cada embalagem, utilizando sempre 800ml de água, durante 20 a 25 minutos à temperatura de ebulição. No final do tempo de cozedura as batatas foram dispostas em tabuleiros e cortadas transversalmente, tendo-se procedido à observação macroscópica dos tubérculos em especial da região exterior ao anel vascular. Na tentativa de quantificar o grau de desagregação da batata, procedeu-se à determinação do teor de matéria seca na água de cozedura da amostra cozida no dia 23 de Dezembro.

No Quadro 11 apresentam-se as datas em que foram feitas cozeduras de batatas, assim como o tempo de cura que tinham à colheita, o seu tempo de armazenamento no momento da cozedura e o tipo de processamento que sofreram.

Quadro 11 – Datas das cozeduras de batatas colhidas em diferentes datas, seu tempo de cura, armazenamento e tipo de processamento mínimo a que foram sujeitas até à data da sua cozedura.

Dias de cozedura	10/10/2015		23/12/2015	
Data de colheita	14 julho	25 agosto	14 julho	25 agosto
Tempo de cura no momento de colheita (meses)	0	1	0	1
Tempo de armazenamento (4°C) na data da cozedura (meses)	3	1,5	5,4	4
Processamento mínimo	Não		Sim	

No dia 10 de outubro foi feita uma cozedura de batatas colhidas nas duas datas e não sujeitas a processamento mínimo. Nesta altura as primeiras tinham até então 88 dias (cerca de 3 meses) de armazenamento em câmara frigorífica desde o dia da sua colheita e nenhum dia de cura, e as segundas tinham na data em que foram cozidas 46 dias (cerca de 1 mês e meio) de armazenamento em câmara frigorífica e um período de cura de 1 mês. Estas batatas foram retiradas diretamente das câmaras frigoríficas, descascadas manualmente, cortadas ao meio e depois cozidas em recipientes separados. Após terem sido retiradas da água foi avaliada apenas visualmente a diferença entre a textura das duas amostras.

A data de cozedura das amostras minimamente processadas em laboratório foi escolhida tendo em conta a sugestão do responsável da fábrica em causa. O mesmo sugeriu a realização de testes aos prazos de validade das embalagens de batata descascada que costuma vender aos clientes finais, aos quais normalmente atribui uma duração útil de 9 dias, a partir do dia do seu embalamento. No início de 2015 houve algumas reclamações por parte de clientes relativamente ao estado do alimento, dizendo que não se encontrava em boas condições poucos dias depois do seu embalamento e da sua receção nas cozinhas.

Assim, no dia 23 de dezembro (9º dia do prazo de validade) foram retiradas da câmara 3 embalagens da amostra de dia 14 e 3 da amostra de dia 25. As batatas de cada um dos pacotes foram cozidas inteiras e ao final deste tempo foram retiradas da água e dispostas em tabuleiros e a sua textura foi analisada visualmente. A água de cozedura das batatas foi transferida para frascos de modo a poder ser centrifugada. O elevado volume de água fez com que fosse necessário recorrer a dois tipos de centrífugas e a várias centrifugações, de modo a reter no final as partículas de batata libertadas das mesmas durante a sua cozedura. Esta suspensão foi colocada dentro de tubos de plástico a secar, numa estufa a 65°C, durante 48 horas, e depois foi pesado o pó restante. Pretendeu-se comparar a perda de massa entre as duas datas depois do material ser sujeito à cozedura.

3.7. Análise estatística

Os resultados obtidos para os teores de açúcares redutores, fenóis totais das cascas das batatas e para as atividades enzimáticas (PPO e PAL), foram tratados estatisticamente através de análises de variância, recorrendo ao software Statistix 9, a um nível de significância $\alpha=0,05$.

Nos casos em que se verificaram diferenças significativas nas análises de variância (*p-value* $\leq 0,05$), procedeu-se a testes de comparação de médias (Tukey, Schéffé e LSD), conforme os dados em causa.

4. RESULTADOS e DISCUSSÃO

4.1. Temperaturas do solo e cura

Durante as visitas realizadas ao campo para recolha de amostras, foram registadas as temperaturas do solo que se encontram apresentadas no Quadro 12. Estes dados permitem ter uma noção das condições térmicas a que as batatas foram sujeitas, a partir do dia em que o seu ciclo biológico terminou, até quase ao dia em que foram colhidas mecanicamente.

Quadro 12 – Registos de temperaturas do solo do local onde o ensaio decorreu, medidas nos dias das saídas de campo, no momento de recolhas de amostras.

Recolha das amostras	Data	Hora	Temperatura do solo (°C)
A e B	14/7/2015	10h	21,5
-	17/07/2015	9h	21,0
-	20/07/2015	8h45	21,7
-	23/07/2015	10h30	24,0
-	27/07/2015	10h10	22,4
C e D	29/07/2015	15h40	32,5
-	3/8/2015	10h50	25,0
-	7/8/2015	11h40	24,1
E e F	13/8/2015	12h	26,0
G e H	25/8/2015	-	-

Os valores de temperatura registados permitem observar que as batateiras durante o ultimo mês de cultivo estiveram expostas a temperaturas que variaram entre os 21°C e os 32,5°C, valores relativamente elevados quando comparados com os já referidos atrás como ideais para a cura dos tubérculos no solo (entre 12 a 16°C) (Pinhero *et al.*, 2009).

De acordo com Tutienpo (2014), no mês de julho, na região do Montijo, a temperatura máxima registada foi de 33,3°C e a mínima de 13°C. Nos dias 14, 15 e 16 de julho, registaram-se as temperaturas máximas mais altas do mês de julho, que foram, respetivamente, 32°C, 33,1°C e 33,3°C. No mês de agosto, a temperatura máxima foi de 33,9°C e a mínima de 12,5°C. Curiosamente, esta temperatura mínima foi registada no dia 25 de agosto, em que foi feita a colheita mecânica de toda a área que se encontrava ainda por colher. Talvez a decisão de colheita tenha sido tomada para este dia, tendo em consideração as previsões meteorológicas (temperatura). No entanto, interessa destacar que no dia 24 de agosto se registaram 0,51 mm de precipitação, tendo sido o único dia com chuva desse mês. Neste aspeto, a decisão pode considerar-se um pouco arriscada, uma vez que, de acordo com Meyhuay (2001), deve evitar-se colher as batatas em condições de solo húmido, visto que os tubérculos vão trazer partículas de terra muito agarradas à casca, ficando muito sujos. No entanto, não deve ser feita a colheita em dias muito quentes, que levam o solo a atingir altas temperaturas e de facto, no dia 25, as temperaturas médias foram relativamente baixas.

Na Figura 36, pode ver-se a diferença na aparência da casca de batatas colhidas a 14 de julho (aspeto do próprio dia) e a 25 de agosto (aspeto após cerca de 2 semanas em câmara frigorífica). As primeiras batatas tinham uma casca mais fina, possível de remover esfregando com os dedos, ao contrário das colhidas mais tarde, cuja casca estava mais aderente à polpa, estando também mais suja.



Figura 36 – Diferença de textura da periderme de batatas (*Solanum tuberosum* L.) cv. Monalisa colhidas em diferentes alturas do seu ciclo. À esquerda, batatas colhidas a 14 de Julho de 2015 e à direita a 25 de Agosto de 2015.

As batatas colhidas no dia 14 correspondem a exemplares da amostra A, que não sofreram cura (Quadro 10), ao contrário das batatas colhidas a 25 de agosto que correspondem a exemplares da amostra G e que tiveram 1 mês de cura natural. Estas últimas foram sujeitas a uma cura com temperaturas muito variáveis do solo, em média 7°C superiores às que se aplicou artificialmente na câmara a 16°C.

Segundo Meyhuay (2001), considera-se que um campo de batata se encontra pronto a colher, de acordo com dois critérios, nomeadamente, a sua maturação fisiológica (estado de desenvolvimento da cultura no qual as folhas adquirem uma cor amarela, secando a parte aérea, e os tubérculos estão perfeitamente formados, com uma casca que oferece alguma resistência a libertar-se, quando friccionada com os dedos) e a sua maturação comercial (ocorre cerca de 15 a 20 dias após a planta estar totalmente morta, em que os tubérculos se encontram com maior densidade específica e a sua pele não se destaca com facilidade). No caso deste trabalho, alguns dias após o dia 14 de julho, as plantas atingiram a maturação fisiológica. A maturação comercial pôde considerar-se atingida, por volta do dia 13 de agosto, que correspondeu ao 15º dia após a realização da monda química (dessecagem da rama) (Figura 37).



Figura 37 – À esquerda, aspeto da folhagem no dia 14 de julho de 2015 (início da seca natural da rama, começando a ganhar um tom amarelo) e à direita, aspeto do campo a 13 de agosto, 15 dias após a queima da rama (maturação comercial).

A cura é utilizada como forma de acelerar a maturação dos tubérculos, que pode ser promovida pela realização do corte da parte aérea das batateiras, ou da queima química das mesmas. No entanto, pode também trazer algumas desvantagens, no que diz respeito à produção total de batata e à densidade específica da mesma. Meyhuay (2001) refere que o estado de maturação da cultura no momento da queima, o vigor dessa mesma e o intervalo entre a queima e a colheita são fatores que, em conjunto, influenciam a quantidade de batatas que se obtém duma produção e a sua densidade específica. Quanto mais precocemente for feita a queima, maiores vão ser as perdas de produção e de densidade.

Por estas razões, pode dizer-se que deve ter-se em atenção, na decisão da data da dessecagem da rama, o calibre dos tubérculos. Uma vez que quanto mais cedo é feita a monda química, maiores as perdas, pode ser conveniente fazer uma dessecagem mais tardia. Neste trabalho, teoricamente, a dessecagem poderia ter sido feita no dia 14 de julho, mas esperou-se até dia 29, em que os tubérculos, com a rama ainda existente, conseguiram ainda aumentar de calibre, tendo-se deste modo aumentado o rendimento total do campo.

Experiências previamente realizadas revelaram que o corte da rama 2 semanas antes da colheita leva à morte das plantas e a uma redução da densidade e % de MS dos tubérculos. Estas perdas vão ser então variáveis, com a data em que se efetua o corte ou seca da rama (Meyhuay, 2001).

No geral, pode dizer-se que as diferenças em termos de aparência da casca das batatas, correspondentes a cada uma das amostras A a H, não demonstraram diferenças significativas, mas foi possível detetar, por exemplo, aspetos facilmente visíveis entre as cascas das amostras A e G (Figura 36) já referidas, e aspetos ligeiramente diferentes entre as amostras D e E (Figura 38) que sofreram o mesmo tempo de cura, iniciado no mesmo dia, mas em condições artificiais (16°C) ou naturais (solo), respetivamente.



Figura 38 – Diferenças na casca das amostras D e E, com respetivamente, 15 dias de cura a 16°C e 15 dias de cura natural, iniciada no mesmo dia.

Uma vez que apenas visualmente as diferenças entre os tratamentos aplicados não foram muito relevantes, achou-se fundamental continuar a experiência com testes mais concretos que analisassem química e morfológicamente os diferentes tubérculos.

4.2. Teor de matéria seca

A análise de variância, feita com os dados dos teores de matéria seca da polpa de batata de cada uma das amostras, encontra-se no seguinte quadro (Quadro 13).

Quadro 13 - Análise de variância realizada aos teores de MS presentes na polpa das batatas, correspondentes às amostras A a H ($\alpha = 0,05$).

Completely Randomized AOV for TeorMS

Source	DF	SS	MS	F	P
Amostra	7	40.071	5.72438	0.92	0.5079
Error	24	149.174	6.21557		
Total	31	189.244			

Grand Mean 20.222 CV 12.33

Para um $\alpha = 0,05$, pode afirmar-se que não foram registadas diferenças significativas, entre o teor de matéria seca das diferentes amostras (correspondentes a diferentes datas de colheita, condições de cura e armazenamento), tendo-se obtido um p-value de 0,5079 ($>0,05$).

Na Figura 39, apresentam-se os valores obtidos para as médias dos teores de matéria seca, calculados a partir de batatas de cada uma das amostras A a H. Pode ver-se que estes valores são muito variáveis, de acordo com a data de colheita e com o tipo de cura e armazenamento que foi testado. Observando, por exemplo, a diferença de valores entre as amostras A e B, vê-se que, apesar de terem sido colhidas no mesmo dia, as da primeira amostra, que eram muito jovens, revelaram ter nas análises feitas no próprio dia, um teor de MS de 18,8%. No entanto, os tubérculos da amostra B, que foram colhidos no mesmo dia, mas que foram sujeitos a uma cura a 16°C, obtiveram um teor de MS de 21,6%. Este resultado demonstra que, efetuar ou não a cura a batatas, pode afetar o seu teor de MS (embora neste caso não o tenha feito de forma significativa), o que foi também já constatado anteriormente por diversos autores (Kellock & Department of Primary Industries, 2010, Pringle *et al.*, 2009, Shaw & Booth, 1983 e Lisinska & Leszczynski, 1989).

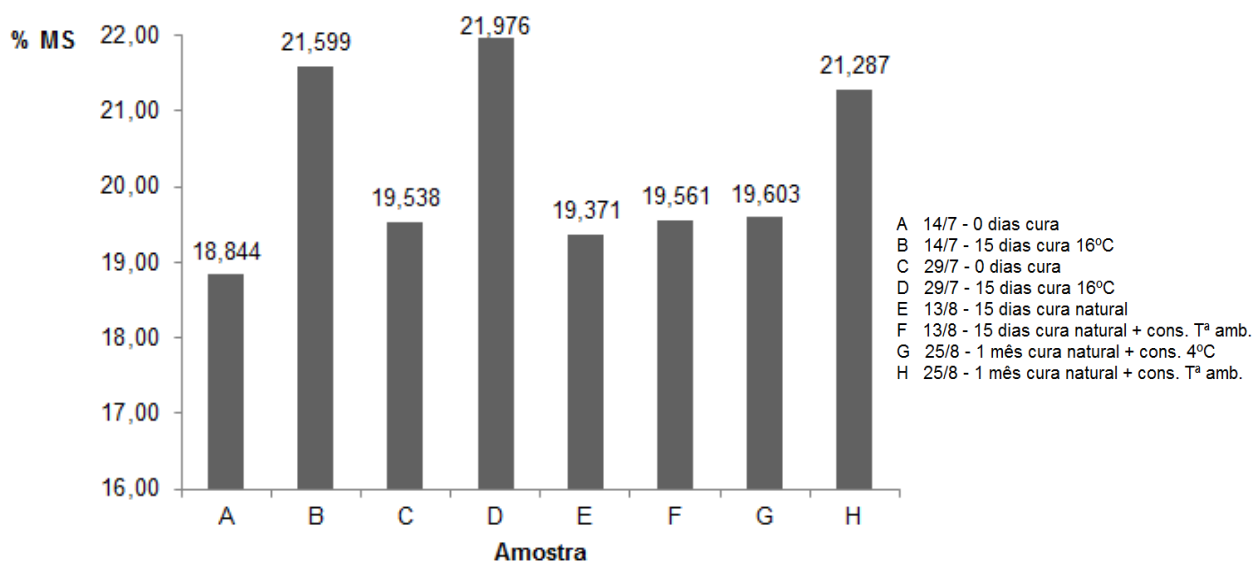


Figura 39 – Diferenças entre os teores de matéria seca (%), entre as amostras A a H, que tiveram diferentes datas de colheita, tempo de cura e conservação.

A Figura 39, sugere que existe um padrão de variação do teor de MS entre as amostras A, B, C e D, embora não estatisticamente significativo, como já referido. É possível ver que a % média de MS das amostras A e C é próxima e mais baixa que a % de MS das amostras B e D. Estas variações poderão estar relacionadas com as idades dos tubérculos (data de colheita) e com o tipo de cura efetuada (temperatura e momento em que se iniciou).

As batatas da amostra A foram colhidas muito jovens, mesmo no final do seu ciclo biológico, e a sua fina periderme não estava ainda totalmente suberizada, permitindo trocas gasosas com a atmosfera. De acordo com Shaw e Booth, (1983) a taxa de respiração de tubérculos jovens é muito alta, uma vez que ainda se encontram em crescimento, e as suas divisões celulares estão ativas e a ocorrer a grande velocidade. Uma vez que estas batatas foram colhidas numa altura em que a planta ainda se encontrava capaz de realizar a fotossíntese, o seu metabolismo estava muito ativo. Durante a respiração celular do tubérculo (glucose + oxigénio = dióxido de carbono + água + energia), a glucose é oxidada em nutrientes necessários ao metabolismo das células da planta, e dessa reação é produzido CO₂, água e energia. Isto leva a água a ser libertada para o exterior do tubérculo, por evaporação a partir das lentículas. Neste processo, os glúcidos acumulados durante a fotossíntese são utilizados e transformados, levando a uma redução do teor de MS do tubérculo (70% do teor de matéria seca dum batata é apenas proveniente do amido). Esta elevada taxa de respiração celular das batatas jovens da amostra A, associada à conseqüente perda de água das mesmas, e às elevadas temperaturas que se registaram nesse dia, explicam o seu baixo teor de matéria seca, demonstrando na Figura 39.

As batatas da amostra C, que foram colhidas no dia 29 de julho, estiveram mais 15 dias no solo do que as da amostra A, sendo que a diferença percentual entre os seus teores de matéria seca foi de apenas 0,7, valor baixo e sem qualquer significado estatístico, mas que sugere a tendência de aumento do teor de MS ao longo da permanência da cultura no solo.

Já as amostras B e D demonstraram ter elevados teores de matéria seca. De acordo com Lisinska & Leszczynski (1989), a maturidade da batata atinge-se quando o seu teor de matéria seca é máximo. De facto, a amostra D foi a que teve o maior teor de MS, correspondendo às batatas colhidas no dia 29 de julho e que sofreram uma cura nas condições ideais de 16°C. As batatas da amostra B revelaram também, como as da amostra D, elevado teor de MS (um pouco mais baixo), e tiveram também cura a 16°C. Estes dados podem sugerir que batatas cuja periderme é deixada consolidar, tornando-se mais suberificada e portanto mais consolidada e impermeável, têm taxas de respiração mais baixas e portanto teores de matéria seca mais elevados. Assim, os dados sugerem que quanto mais cedo se colhem os tubérculos (menos maduros), maior a sua taxa de respiração e menor o seu teor de matéria seca e vice-versa.

Comparando agora as amostras D e E, que correspondem a batatas com a mesma idade fisiológica, mas que tiveram sujeitas a uma cura artificial (D) e natural (E), respetivamente, pode ver-se que apresentaram valores de MS um pouco distintos (embora a diferença seja, como já referido, estatisticamente insignificante). A razão para esta eventual

tendência pode estar no facto de que a amostra E, ao ter ficado no solo, tenha estado sujeita a temperaturas muito elevadas, o que, de acordo com Kellock e Department of Primary Industries (2010) leva a que as reservas acumuladas durante a fotossíntese sejam gastas mais rapidamente, conduzindo a um aumento da taxa de respiração, levando a perdas de água devido a esse fenómeno e também por evaporação.

Analisando finalmente os teores de MS das amostras G (19,6%) e H (21,3%), seria de esperar que os tubérculos que foram conservados a temperaturas mais baixas (4°C, amostra G), tivessem revelado teores de MS mais altos, que vêm associados a menores taxas de respiração. Isto porque, teoricamente tubérculos já curados e conservados a baixas temperaturas deveriam ter poucas perdas de vapor de água comparativamente a tubérculos com o mesmo tempo de cura, mas conservados à temperatura ambiente (amostra H). No entanto, segundo Pringle *et al.* (2009), em estudos feitos às taxas de respiração de batatas, após 1 mês de serem colhidas, essas foram mais altas a temperaturas elevadas, mínimas a temperaturas entre 5 e 6°C e a temperaturas menores do que estas, a taxa de respiração começou novamente a aumentar, como resposta dos tubérculos às baixas temperaturas. Por aqui conclui-se que o armazenamento das batatas, quando feito em câmara frigorífica, deve ser no mínimo feito a 5°C, para que compense os gastos energéticos associados à manutenção da atividade numa câmara frigorífica.

De acordo com Rousselle-Bourgeois & Rousselle (1999), o teor ótimo de MS de batatas destinadas à cozedura em água ou a vapor é de 17 a 20%, o que faz com que os tubérculos se desfaçam pouco após a cozedura. Segundo Gormley (1998), as cultivares com teores de MS mais elevados, quando cozidas, revelam ter uma textura farinhenta, em contraste com cultivares com baixos teores de MS, que apresentam texturas mais gomosas. Tendo em consideração estas afirmações, pode dizer-se que entre as amostras A a H, estariam aptas para a cozedura, apenas avaliando a % de MS, as batatas das amostras A, C, E, F e G, visto que as amostras H, B e D teriam teores de MS superiores a 20%, originando possivelmente batatas pouco firmes, quando cozidas.

4.3. Compostos fenólicos da casca da batata

A análise de variância, feita com os dados dos teores dos compostos fenólicos da casca da batata, de cada uma das amostras, encontra-se no seguinte quadro (Quadro 14).

Quadro 14 - Análise de variância realizada às quantidades de compostos fenólicos, presentes nas cascas de batatas, correspondentes às amostras A a H ($\alpha= 0,05$).

Completely Randomized AOV for Fenois

Source	DF	SS	MS	F	P
Data	7	280.71	40.1017	1.15	0.3679
Error	24	838.65	34.9438		
Total	31	1119.36			

Grand Mean 21.876 CV 27.02

Para um $\alpha = 0,05$, pode afirmar-se que não foram registadas diferenças significativas, entre o teor de compostos fenólicos das diferentes amostras (correspondentes a diferentes datas de colheita, condições de cura e armazenamento), tendo-se obtido um p-value de 0,3679, ($>0,05$).

Na Figura 40 apresentam-se os resultados obtidos para a quantificação dos compostos fenólicos presentes nas cascas de batata, das amostras A a H. Pelo gráfico obtido, pode ver-se que o valor mais alto corresponde à amostra C, composta por batatas que foram analisadas no dia da dessecação, e o valor mais baixo corresponde à amostra F, cujas batatas foram sujeitas a 15 dias de cura no solo, a partir do dia da dessecação.

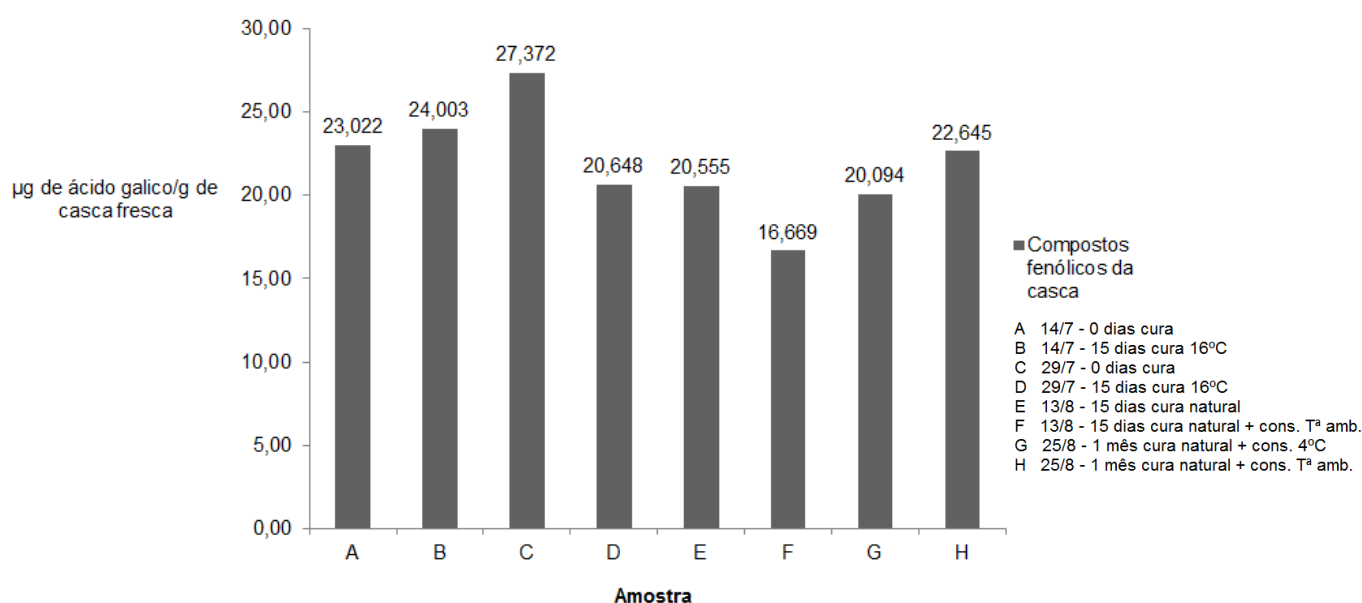


Figura 40 – Teor de compostos fenólicos presentes na casca de batatas das amostras A a H, medido em μg de ácido gálico/ g de casca fresca.

Os resultados obtidos, que revelaram a ausência de diferenças significativas entre as diferentes amostras, são concordantes com dados referidos previamente por Hussein & Hamideldin (2014). Estes autores afirmam não ter encontrado diferenças consideráveis entre o teor total de fenóis de batatas de duas cultivares diferentes, cultivadas em 3 locais distintos à mesma altitude, mas com diferentes temperaturas durante todo o seu crescimento. Dizem ainda não ter encontrado diferenças entre os teores de fenóis das mesmas, após terem sido armazenadas a 4°C e a 20°C, durante 110 dias. Isto sugere que será expectável que as batatas analisadas nesta experiência, uma vez que cresceram no mesmo local, sob condições climáticas semelhantes, e sob situações de cura e conservação cujas diferenças não foram muito acentuadas, tenham teores de fenóis semelhantes.

No entanto, Hamouz *et al.*, (2010) referem que o teor total de compostos fenólicos de batatas pode ser bastante influenciado por fatores intrínsecos, como as cultivares, particularmente as que têm diferentes cores de polpa (amarela ou roxa) e também por fatores externos, como as condições de cultivo, local de crescimento da cultura e tipo de fertilização efetuada. O mesmo autor, noutro estudo, refere que o teor de fenóis totais demonstrou ser

mais elevado em batatas cultivadas em condições de elevada humidade, baixas temperaturas e dias mais longos (teores de fenóis totais, 1,4 a 2,5 vezes mais elevados em clima mais húmido e frio, que em seco e quente) (Reyes *et al.*, 2004). As batatas deste ensaio tiveram todas as mesmas condições de cultivo até à maturação fisiológica, no mesmo local, pelo que não seriam de esperar grandes variações de fenóis da casca.

4.4. Teor de Fenilalanina-amoníaco-liase (PAL)

A análise de variância, dos dados referentes às atividades da enzima PAL, da polpa de 4 batatas de cada uma das amostras, encontra-se no seguinte quadro (Quadro 15).

Quadro 15 - Análise de variância realizada às atividades da enzima PAL (unidades de PAL/h/mg de proteína total), presente nas polpas de batatas, correspondentes às amostras A a H ($\alpha=0,05$).

Completely Randomized AOV for PAL

Source	DF	SS	MS	F	P
Datas	7	128.938	18.4197	3.04	0.0194
Error	24	145.341	6.0559		
Total	31	274.279			

Grand Mean 2.8169 CV 87.36

Para um $\alpha=0,05$, pode afirmar-se que foram registadas diferenças significativas, entre as atividades de PAL das diferentes amostras, tendo-se obtido um p-value de 0,0194 ($\leq 0,05$). Uma vez que se verificaram diferenças significativas na análise de variância efetuada, procedeu-se ao teste LSD (*Least Significant Difference*), para se fazer uma comparação entre as médias dos teores de PAL das várias amostras, cujos resultados se apresentam na Figura 41.

Na Figura 41 apresentam-se as concentrações médias da enzima PAL, para as diferentes amostras A a H. Os valores obtidos resultaram da quantificação dos teores dessa enzima, na polpa de 4 batatas de cada uma das amostras. É possível ver na referida figura, que as maiores diferenças surgem entre as amostras G e H, tendo as duas sido sujeitas a 1 mês de cura e a uma colheita simultânea, mas tendo sido conservadas a temperaturas diferentes. As amostras F, C e A, revelaram ter concentrações similares entre si e as amostras B, D e E valores relativamente diferentes.

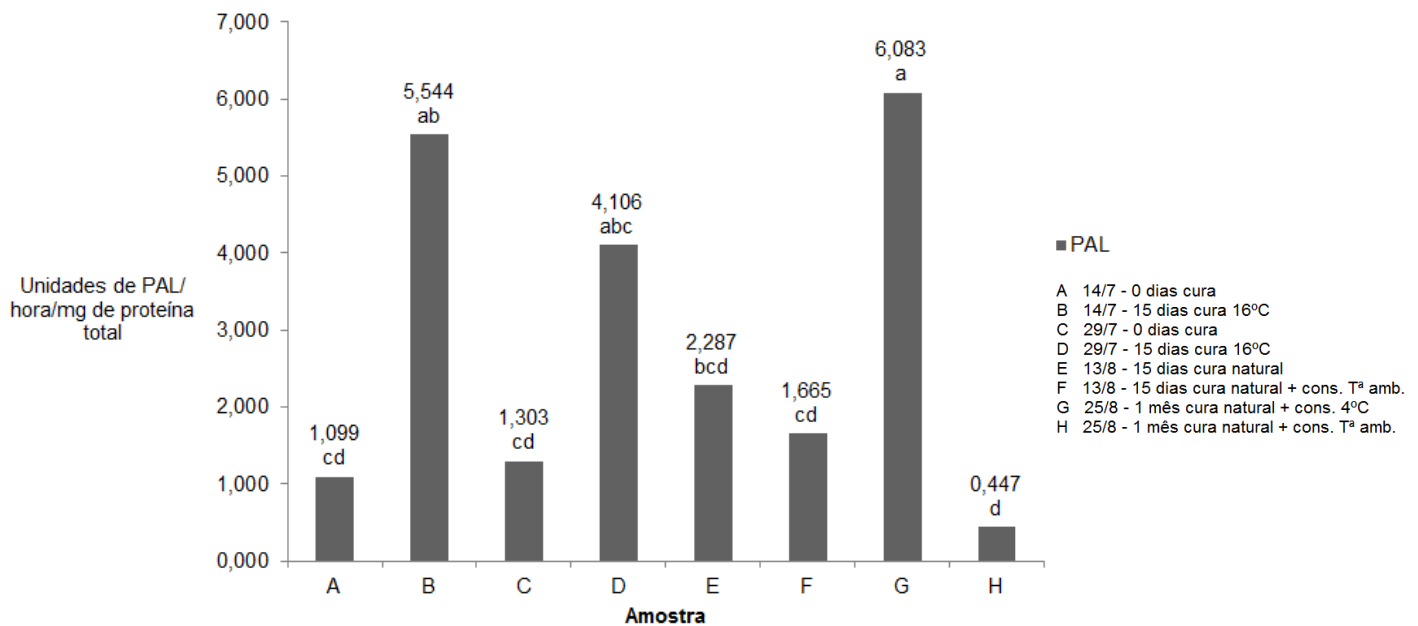


Figura 41 – Teor de PAL presente na polpa das amostras A a H, medido em unidades de PAL/h/mg de proteína total, quantificada pelo método de Bradford. Comparação de médias (LSD) da quantidade de PAL (n=4) presente em 8 amostras de batata diferentes (A a H). Médias com letras diferentes são significativamente diferentes.

Na referida figura, pode ver-se que existe um certo padrão entre a atividade de PAL das amostras A e C e das amostras B e D. As batatas da amostra A são as mais jovens entre todas as amostras, e não tinham nenhum tempo de cura quando o seu teor de PAL foi analisado. As batatas da amostra C foram colhidas 15 dias mais tarde, e inicialmente (alguns dias depois de 14 de julho), a rama dessas batateiras ainda não estava totalmente seca, o que contribuiu para manter o metabolismo dos tubérculos ativo e conseqüentemente a acumulação de reservas. Como se vê na Figura 41, o teor de PAL das duas amostras não diferiu estatisticamente.

As amostras B e D, por sua vez, mostram ter teores muito mais elevados de PAL, do que as amostras A e C, sobretudo a amostra B, que é significativamente superior a estas. As duas primeiras amostras (B e D) sofreram ambas cura artificial durante 15 dias, a 16°C, dentro duma câmara de crescimento escura (sem qualquer fonte de luz). A diferença entre estas duas amostras foi a sua data de colheita, sendo as batatas da amostra D quinze dias mais velhas que as da B. Os dados sugerem então que, quando tubérculos são sujeitos a uma cura a 16°C, em ausência de luz, é estimulada a atividade da enzima PAL, que durante esse tempo atua no processo de suberização dos tecidos da periderme da batata. É ainda sugerido que existe uma tendência para que os teores de PAL de batatas com diferentes idades sejam um pouco diferentes, demonstrado pelas amostras B e D, que apenas diferiam nesse aspeto.

O facto de as amostras B e D terem revelado valores mais elevados de PAL, durante a cura em condições não luminosas, vai ao encontro dos resultados obtidos por Hyodo (1976), Cantos *et al.* (2002) e Kumar e Knowles (2003).

Hyodo (1976) refere no seu estudo que a atividade da PAL de discos de polpa de batata aumentou rapidamente, após deixar os mesmos durante 3 horas às escuras, a 25°C. Refere ainda que o teor máximo de PAL foi atingido, após incubação durante 40 horas no escuro, a essa temperatura. No entanto, outros autores referem que a exposição de tubérculos de batata à luz induz fortemente a formação de compostos fenólicos (Friedman, 1997).

Kumar & Knowles (2003) referem que o processo de cura (*wound healing*) leva à produção de uma nova periderme (*wound periderm*) suberizada, que protege efetivamente os tecidos finos ou danificados, que lhe são subjacentes, da desidratação e de contaminações por agentes patogénicos. Para que ocorra essa cura, é essencial a atividade da enzima PAL, que tem um pico de expressão nos tecidos vegetais, no momento em que é feito algum dano nos mesmos (Cantos *et al.*, 2002). Esta elevada atividade da enzima em causa, explica-se pela sua intervenção na síntese da suberina, que atua na suberização (consolidação) da periderme da batata.

Segundo Kumar & Knowles (2003), a realização de feridas na periderme de batatas induz a produção de ácido-trans-cinâmico, que faz parte do domínio fenólico da suberina, o que significa que essa ação induz a produção de PAL. Estes fenómenos explicam os mais elevados teores de PAL, detetados nas batatas das amostras B e D, durante o seu processo de cura.

O facto de a amostra D ter tido menor atividade de PAL do que a B (batatas mais jovens), assim como as amostras D, E e F terem atividades de PAL decrescentes, poderá eventualmente ter a ver com o facto de tubérculos mais maduros terem menor capacidade de formar uma *wound periderm*, do que tubérculos mais jovens (Kumar & Knowles, 2003). No entanto, estes autores tiraram esta conclusão baseada em testes feitos a tubérculos com diferenças de 6, 18 e 30 meses de idade (valores muito mais elevados que os deste estudo).

Na Figura 41 é também possível ver uma grande diferença entre as amostras G e H, que foram colhidas no mesmo dia, tiveram o mesmo tempo e tipo de cura (1 mês no solo), e apenas diferiram no tipo de armazenamento que tiveram. Os resultados indicam que as baixas temperaturas a que a amostra G foi sujeita (4°C) induziram a atividade da PAL.

De acordo com Lattanzio *et al.*, (2012), existe para cada espécie vegetal, um limite de temperatura mínimo, abaixo do qual se dá um aumento do metabolismo dos fenilpropanóides. Esse limite corresponde à temperatura a que cada espécie começa a sofrer lesões causadas pelo frio (*chilling injury*), provocando um aumento interno da produção de compostos fenólicos, por aceleração do metabolismo dos fenilpropanóides. Os mesmos autores afirmam que a produção de PAL é estimulada durante o armazenamento de produtos vegetais a baixas temperaturas, como mecanismo de resposta dos mesmos ao *stress* provocado pelo frio. Estas afirmações sugerem que as batatas da amostra G, estando a 4°C, e tendo revelado um pico de síntese de PAL tão elevado, estavam sob condições de *chilling injury*. No entanto, de acordo com diversas fontes, esta temperatura seria a mais adequada para a conservação de batatas (Wang *et al.*, 2015), razão pela qual foi utilizada esta temperatura de conservação em certas alturas deste estudo. Por outro lado, UNECE (2011) refere que é sempre aconselhável armazenar estes produtos a temperaturas superior as 4°C, uma vez que existem cultivares de

batata que sofrem de lesões a essa temperatura. Nesta experiência, não se verificou para a cultivar Monalisa, que tivessem surgido quaisquer lesões na sua polpa.

Existe ainda uma relação entre a produção de PAL e de etileno, por parte dos produtos vegetais, quando em condições de *stress* térmico. Lattanzio *et al.* (2012) referem que, por exemplo, as células de hortícolas como as batatas começam a produzir etileno nessas condições de *stress*, e que essa produção é quase simultânea ao aumento da atividade da PAL. Assim, se necessário desacelerar a atividade desta enzima, podem utilizar-se inibidores da produção ou da ação do etileno.

4.5. Teor de polifenoloxidase (PPO)

A análise de variância dos dados referentes às atividades da enzima PPO da polpa de 4 batatas de cada uma das amostras, encontra-se no seguinte quadro (Quadro 16).

Quadro 16 - Análise de variância realizada às atividades da enzima PPO, presente nas polpas de batatas, correspondentes às amostras A a H ($\alpha= 0,05$).

Completely Randomized AOV for PPO

Source	DF	SS	MS	F	P
Datas	7	16.8390	2.40558	4.40	0.0029
Error	24	13.1267	0.54695		
Total	31	29.9658			

Grand Mean 1.0629 CV 69.58

Para $\alpha= 0,05$, pode afirmar-se que foram registadas diferenças significativas entre as atividades de PPO das diferentes amostras, tendo-se obtido um p-value de 0,0029 ($\leq 0,05$). Uma vez que se verificaram diferenças significativas na análise de variâncias efetuada, fez-se um teste de Tukey, para uma comparação entre as médias dos teores de PPO das várias amostras. Os resultados do teste apresentam-se na Figura 42 que reflete as diferenças nas atividades da enzima PPO (unidades de PPO/h/mg de proteína total), entre as amostras A a H.

É possível ver na figura referida, que o maior teor da enzima foi detetado na amostra G, que foi a única que foi analisada depois de ter sido sujeita a condições de baixas temperaturas de armazenamento.

As amostras A e C (0 dias de cura) tiveram valores semelhantes de PPO, assim como as amostras F e H (15 dias e 1 mês de cura, respetivamente, e 1 mês de conservação à temperatura ambiente).

Por sua vez, as amostras B, D e E, demonstraram ter atividades da enzima em causa em valores semelhantes. As duas primeiras sofreram ambas 15 dias de cura a 16°C, e a amostra E, 15 dias de cura natural.

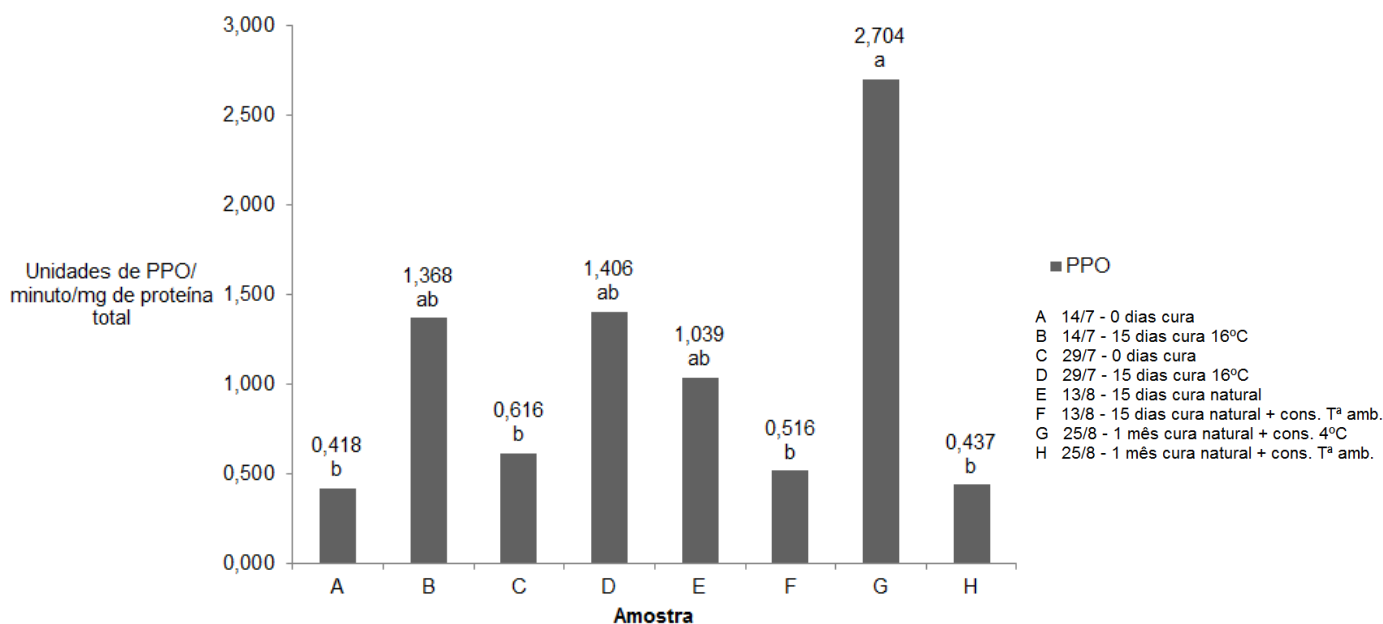


Figura 42 – Teor de PPO presente na polpa das amostras A a H, medido em unidades de PPO/h/mg de proteína total, quantificada pelo método de Bradford. Comparação de médias (Tukey) da quantidade de PPO (n=4) presente em 8 amostras de batata diferentes (A a H). Médias com letras diferentes são significativamente diferentes

Observando a evolução das barras do gráfico da Figura 42, pode ver-se que descrevem um padrão semelhante às do gráfico da Figura 41, relativo às quantidades de PAL nas mesmas amostras, o que sugere que as atividades das enzimas PPO e de PAL estão relacionadas (o que se traduz depois em termos do padrão de variação que descrevem).

De facto, tal como já referido neste trabalho, quando ocorre um aumento da produção de PAL, é promovida a formação de compostos fenólicos (*phenylpropanoid pathway*). Estes, por sua vez, servem de substrato para enzimas oxidativas como a PPO (polifenoloxidase), que vai oxidar esses compostos, em reações que ocorrem posteriormente (Espín & Tomás-Barberán, 2001). Deste modo, a produção das enzimas PAL e PPO estão interrelacionadas, constatando-se que um aumento da presença de uma, em tecidos vegetais, leva a um aumento da produção da outra, e vice-versa. Esta deverá ser a razão da coincidente evolução das barras dos gráficos das figuras 41 e 42.

Podem destacar-se as diferenças bastante significativas entre as amostras G e H, ambas com 1 mês de cura natural, mas com diferentes tipos de conservação. À semelhança do sucedido nos níveis de PAL, foi bastante maior o teor de PPO presente na polpa das batatas da amostra G que nas da amostra H. O armazenamento a baixas temperaturas estimulou a formação de PPO. Lattanzio *et al.* (2012) referem que baixas temperaturas estimulam a atividade de enzimas envolvidas no processo de formação de compostos fenólicos de produtos como soja, milho e salsa. O aumento na atividade enzimática, assim como no teor de compostos fenólicos, na presença de baixas temperaturas, provoca alterações nas membranas celulares dos produtos vegetais, ao formar um substrato propício a reações de

acastanhamento, que leva à formação de manchas escuras. Estas surgem, pela polimerização das quinonas (formadas pela ação da PPO), e sua reação com aminoácidos de proteínas presentes nas células dos tecidos vegetais.

Entre as amostras A, C, F e H, cujos teores de PPO mostraram ser semelhantes no teste de comparação de médias, incluem-se tubérculos com níveis de maturação da periderme relativamente variáveis. De acordo com Leja (1989), o teor total de compostos fenólicos em tubérculos de batata imaturos (periderme pouco desenvolvida) e maduros, é semelhante, e aumenta em condições de armazenamento a frio.

4.6. Proteínas solúveis totais dos tubérculos

Na Figura 43 apresenta-se a curva de calibração da BSA, utilizada neste trabalho, para converter os valores das absorvâncias medidas no espectrofotômetro, em mg de proteína solúvel total presente nos tubérculos/mL de extrato. A equação da reta do gráfico é $y = 0,1872 \ln(x) + 0,1972$.

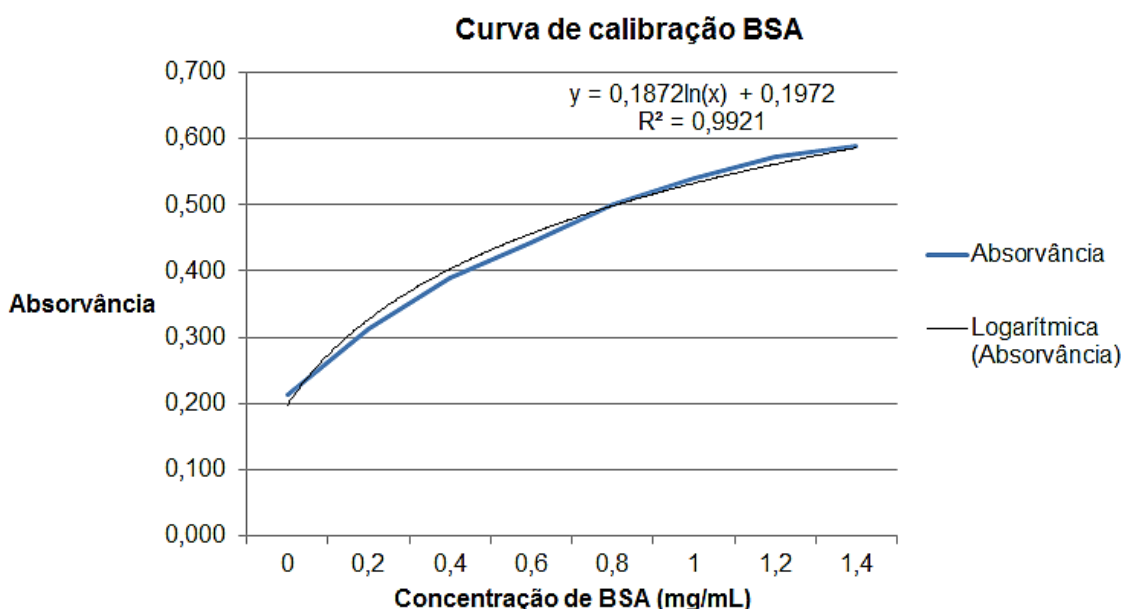


Figura 43 - Curva padrão com soluções de concentração conhecida de proteína BSA.

Os valores de proteína solúvel total presente na polpa das batatas das várias amostras, foram calculados não propriamente para saber a diferença entre os seus teores proteicos, mas para que fosse possível quantificar a atividade das enzimas PAL e PPO, cujos valores foram já apresentados, em unidades de PAL/h/mg de proteína total e unidades de PPO/min/mg de proteína total.

No Quadro 17 apresentam-se apenas os valores de proteína total, obtidos para as amostras A e G, convertidos de mg de proteína/mL de extrato para mg de proteína/% de MS das batatas. Achou-se interessante comparar apenas estes valores, por serem as amostras que foram analisadas nos ensaios de microscopia e de espectrofotometria (ver capítulos 4.8 e 4.10). Procurava-se comparar as batatas de amostras mais diferentes, nomeadamente, aquelas que não tiveram nenhuma cura, colhidas no final do seu ciclo biológico (14 de julho),

mas ainda com rama verde, e aquelas que sofreram cura natural de 1 mês, colhidas a 25 de agosto, e conservadas a 4°C, tendo em atenção que as batatas da amostra H, conservadas à temperatura ambiente e fisiologicamente mais avançadas, sofreram danos severos de conservação.

Os teores proteicos das batatas colhidas a 14 de julho foram mais elevados do que os das batatas colhidas a 25 de agosto. Estas diferenças de teor foram encontradas também através de outras análises efetuadas, que serão referidas à frente (análise dos espectros obtidos na observação da composição química de batatas por FTIR - Figura 49).

Quadro 17 – Teor de proteína (mg de proteína total/% MS) de 4 batatas, colhidas a 14 de julho e de 4 batatas colhidas a 25 de agosto de 2015.

Amostra	Teor de proteína (mg de proteína / % MS)	
	14/7/2015	25/8/2015
Batata1	7,418	2,204
Batata2	6,089	2,076
Batata3	6,082	3,285
Batata4	6,817	1,682
Média	6,602	2,312

4.7. Açúcares redutores

A análise de variância relativa aos doseamentos de açúcares redutores presentes na polpa de 4 batatas de cada uma das amostras, encontra-se no seguinte quadro (Quadro 18).

Quadro 18 - Análise de variância realizada às quantidades de açúcares redutores (glucose e frutose), presente na polpa de batatas, correspondentes às amostras A a H ($\alpha= 0,05$).

Completely Randomized AOV for Acucares

Source	DF	SS	MS	F	P
Datas	7	2.98895	0.42699	13.84	0.0000
Error	24	0.74042	0.03085		
Total	31	3.72937			

Grand Mean 0.8886 CV 19.77

Para $\alpha= 0,05$, pode afirmar-se que foram registadas diferenças significativas entre a quantidade de açúcares redutores das diferentes amostras, tendo-se obtido um p-value de 0,0000 ($\leq 0,05$). Uma vez que se verificaram diferenças significativas na análise de variâncias efetuada, fez-se um teste de Tukey, para uma comparação entre as médias dos teores de açúcares das várias amostras. Os resultados do teste apresentam-se na Figura 44, que mostra as diferenças nas concentrações de açúcares redutores (glucose e frutose), entre as diferentes amostras A a H.

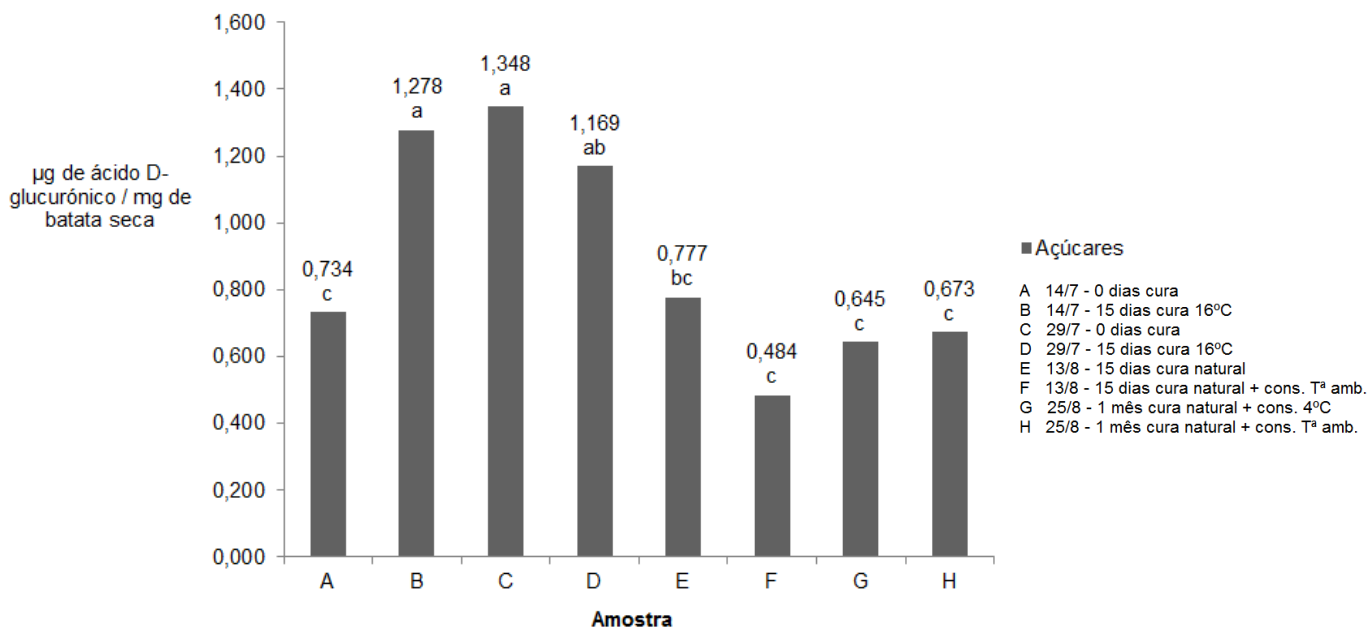


Figura 44 – Teor de açúcares reductores presente na polpa das amostras A a H, medido em µg de ácido D-glucurônico/mg de batata (polpa) seca. Comparação de médias (Tukey) da quantidade de açúcares (n=4) presente em 8 amostras de batata diferentes (A a H). Médias com letras diferentes são significativamente diferentes.

Os resultados do teste de Tukey, apresentados na Figura 44, permitem o agrupamento, em conjuntos cujos resultados foram semelhantes, das amostras B e C (valores mais elevados), A, F, G e H e ainda das amostras D e E (isoladamente).

Na figura referida observa-se que existe um aumento do teor de açúcares reductores dos tubérculos até à amostra C, que corresponde precisamente ao dia da dessecação da rama. A partir desse ponto, os teores de açúcares decrescem até à amostra F, e sofrem um ligeiro aumento e estabilização (não significativo) nas amostras G e H.

Morales-Fernández *et al.* (2015) explicam que a evolução do teor de açúcares reductores na batateira é bastante variável ao longo de todo o seu ciclo vegetativo e reprodutivo. Na altura em que começam a formar-se os pequenos tubérculos (início da tuberização), o teor de sacarose (produzido na fotossíntese) é muito elevado, e o teor de amido muito baixo, uma vez que a taxa de transporte desse açúcar para os tubérculos, é maior que a taxa de conversão do mesmo em amido.

As reações químicas envolvidas na síntese do amido iniciam-se com moléculas de sacarose, que são convertidas inicialmente em glucose e frutose e posteriormente em ADP-glucose, pela ação de diversas enzimas. Este composto é depois convertido em amido, nos amiloplastos das células vegetais dos tubérculos (Kays & Paull, 2004).

Quando os tubérculos atingem a maturação fisiológica, atingem também o máximo teor de matéria seca (teor máximo de amido) e o mínimo teor de sacarose, uma vez que as folhas das batateiras entraram em senescência, que leva a uma redução do transporte de sacarose

na planta e sua conversão em amido. O amido acumulado até à maturação dos tubérculos vai sofrer degradações, servindo como fonte de energia para a respiração celular, durante o armazenamento, após a sua colheita.

De acordo com a Figura 44, o teor de açúcares redutores evoluiu crescentemente da amostra A para a B e da amostra B para a C. Segundo Olsen *et al.* (2005), enquanto os tubérculos se encontram em crescimento, a enzima responsável pela quebra da molécula de sacarose em frutose e glucose, encontra-se inativa, o que significa que durante o desenvolvimento dos tubérculos, há uma acumulação de sacarose. No entanto, quando o crescimento acaba, ou seja, quando a rama das batateiras começa a secar naturalmente (a partir da amostra A), inicia-se a acumulação de glucose e frutose nos tubérculos, uma vez que essa enzima é ativada. Este fenómeno explica o que foi obtido nos resultados dos teores de açúcares redutores, dos tubérculos das amostras A, B e C. As batatas da amostra A foram analisadas no dia 14 de julho, pertencendo a batateiras cuja rama ainda se encontrava relativamente verde, mas a começar a secar, e portanto, estava a iniciar-se a degradação da sacarose em açúcares redutores. As batatas da amostra B foram colhidas no mesmo dia, mas durante o processo de cura artificial a que foram sujeitas (16°C), o seu teor de açúcares redutores aumentou devido à degradação do amido que estava a ocorrer durante a respiração celular dos tubérculos (Morales-Fernández *et al.*, 2015).

O pico máximo de níveis de açúcares redutores, entre todas as amostras, vem associado às batatas da amostra C, pertencentes a batateiras cuja rama foi quimicamente dessecada nesse dia. Assim, o elevado teor de glucose e frutose pode estar relacionado com o forte bloqueio da fotossíntese das plantas e resultante formação de sacarose (Kumar *et al.*, 2004).

A partir da dessecagem, os teores de açúcares redutores foram reduzindo ligeiramente. Pode ver-se no entanto, um aumento associado à amostra G, que se destaca pelo seu armazenamento a baixas temperaturas (4°C). Morales-Fernández *et al.*, (2015) e Kays & Paull, (2004) referem que tubérculos de batata armazenados por períodos prolongados de tempo a baixas temperaturas (<10°C) revelaram ter elevados teores de açúcares redutores, devido à conversão do amido em glucose e frutose, nessas condições. De acordo com Coffin *et al.*, (1987), quando batatas são conservadas a temperaturas abaixo da sua temperatura ótima de conservação (9/10°C), ocorre o fenómeno de LTS (“adoçamento por baixas temperaturas”). Quando ocorre o LTS, a quebra das moléculas de amido em açúcares redutores inicia-se, como uma forma que a planta encontra de minimizar a respiração celular e o abrolhamento (Wismer *et al.*, 1995).

Segundo Kumar *et al.*, (2004), o teor de açúcares presentes nas batatas é um fator muito importante na determinação da sua qualidade, particularmente da sua cor, após sofrerem processamento mínimo. Esse teor varia com diversos fatores, sendo o mais influente a cultivar de batata, e incluindo outros, como o seu estado de maturação, as condições ambientais do seu crescimento (temperatura e humidade do solo), as práticas culturais efetuadas (fertilização) e diversos procedimentos efetuados durante a fase pós-colheita, destacando-se as condições

de armazenamento. Alguns destes fatores foram testados neste trabalho, e revelaram o modo como influenciam o teor de açúcares redutores nos tubérculos.

Em conclusão deste ponto, pode dizer-se que deve ter-se em grande atenção o intervalo entre a colheita e o início do processamento mínimo da matéria-prima. No caso de não ser possível armazenar os tubérculos em condições de temperatura, humidade e níveis de O₂ e CO₂ que controlem as suas taxas respiratórias, e consequentes variações nos teores de açúcares, é necessário efetuar o processamento o mais rapidamente possível, de modo a que a conversão do amido em glucose e frutose não leve a uma excessiva acumulação destes compostos, que vá provocar o aparecimento de manchas acastanhadas durante o processamento mínimo (mais importante nas batatas para fritar) (Coffin *et al.*, 1987).

4.8. Análise morfológica

Achou-se importante quantificar parâmetros morfológicos das células da polpa das batatas, para tentar entender a diferença entre a morfologia interna e evolução da suberização de tubérculos jovens e tubérculos maduros.

Na Figura 45 apresentam-se as médias das áreas (μm^2) e perímetros (μm) de células de batatas das amostras A (colhidas a 14 de julho) e G (colhidas a 25 de agosto de 2015). As medições foram feitas a células da região exterior ao anel vascular, interior ao anel e da medula central da polpa das batatas. Mediram-se 40 células de cada uma das 3 regiões em cada uma das 2 batatas (repetições de cada data), obtendo-se assim, valores médios de 80 células de cada região, de duas batatas da mesma amostra. Esses valores médios foram então utilizados para realizar os gráficos que se apresentam na Figura 45, que permitem ver se ocorreram ou não diferenças entre as duas amostras.

No Quadro 19, encontram-se os resultados obtidos do teste de comparação de médias (Scheffé) que foi efetuado. Podem ver-se as diferenças entre as médias das áreas, perímetros e alongamentos das células, das 3 regiões da polpa de batatas, das amostras A e G.

Quadro 19 - Comparação de médias (Scheffé) das áreas, perímetros e alongamentos de células de diferentes regiões da polpa de batatas (n=80), das amostras A e G. Médias com letras diferentes são significativamente diferentes.

Data de colheita	Região da polpa	Área (μm^2)	Perímetro (μm)	Alongamento (μm)
14/07/2015	Interior ao anel	25169,20 ^{ab}	593,81 ^{ab}	0,80 ^a
	Exterior ao anel	21797,25 ^{bc}	546,99 ^{bc}	0,86 ^a
	Central	27464,79 ^a	617,58 ^a	0,81 ^a
25/08/2015	Interior ao anel	25829,93 ^{ab}	592,20 ^{ab}	0,84 ^a
	Exterior ao anel	18866,25 ^c	517,64 ^c	0,78 ^a
	Central	28905,93 ^a	620,19 ^a	0,81 ^a

De acordo com o teste de Scheffé, os alongamentos celulares não mostraram diferenças significativas. No entanto, as áreas demonstraram ter algumas diferenças, mais acentuadas entre as regiões analisadas, do que propriamente entre as duas datas de colheita. É possível ver ainda que as áreas e os perímetros variaram do mesmo modo, em todos os valores correspondentes às datas e às regiões, demonstrando que células com áreas maiores têm, em média, maior perímetro e vice-versa. Na Figura 45 apresentam-se as diferenças entre as áreas e os perímetros.

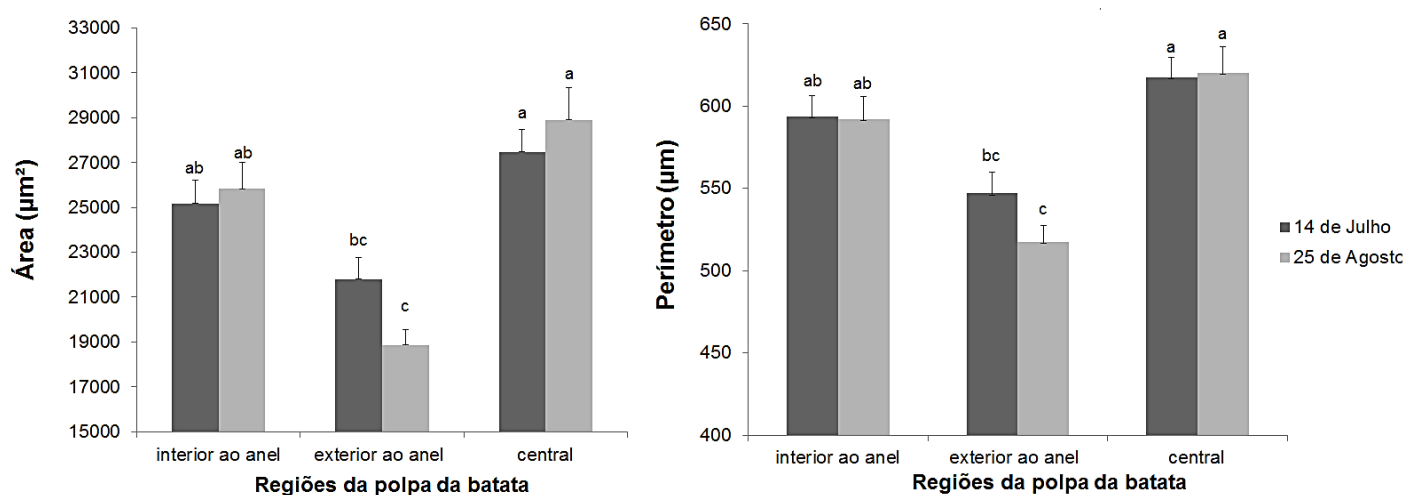


Figura 45 - Diferenças entre as áreas (μm^2) e perímetros (μm) de células de batatas colhidas a 14 de Julho de 2015 e a 25 de Agosto de 2015. Observaram-se 3 secções do tubérculo: exterior ao anel vascular; interior ao anel e medula central. Os valores médios foram obtidos a partir da medição de 80 células de cada uma das secções de batatas de cada data.

Pode ver-se acima, que as células de maior área e perímetro se encontraram na região central, correspondente à medula da batata. Revelaram ter maior área as células das batatas da amostra G, pertencentes a batatas colhidas mais tarde, e portanto mais maduras. Em seguida, em termos de área e perímetro, com menores valores que as células da região da medula central, surgem as da zona interior ao anel, correspondente à zona perimedular da batata. Em termos de área, as batatas colhidas a 25 de agosto revelaram, nesta região, ter também maiores valores do que a amostra A. As células mais pequenas de todas foram medidas na região exterior ao anel, correspondente à zona perivascular do tubérculo, subjacente à periderme da batata, onde se distinguem as células da felogene, feloderme e do córtex.

Todos estes resultados obtidos são coerentes com o que Rossignol e Rousselle-Bourgeois (1999) e Taylor *et al.* (2007) referem, e que já foi previamente descrito neste trabalho, relativamente às dimensões das células dos tubérculos de batata, nestas três diferentes regiões e com tempos de maturação diferentes. Taylor *et al.* (2007) dizem que o tamanho das células dos tubérculos aumenta durante o desenvolvimento dos mesmos. Rossignol & Rousselle-Bourgeois (1999) dizem que as batatas têm células de maiores dimensões, na zona da medula e menores dimensões junto à casca, onde se encontram em

formação. Interessa aqui referir que os mesmos autores relacionam as dimensões das células das diferentes zonas com a dimensão dos seus grânulos de amido. Dizem então que as células com grânulos de amido maiores, são as da região perimedular (interior ao anel), e que as com grânulos de amido mais pequenos, são as células da região perivascular (exterior ao anel) (Quadro 2). Na Figura 46, pode ver-se a imagem, obtida no microscópio ótico, de uma célula da polpa de uma batata pertencente à amostra G, correspondente à região perimedular. Esta célula apresenta uma área de 24297,124 μm^2 e grânulos de amido de grandes dimensões (aproximadamente 30 μm), valores também encontrados por Rousselle-Bourgeois & Rousselle (1999) em células desta zona.



Figura 46 – Célula da região interior ao anel (zona perimedular) de uma batata colhida no dia 25 de Agosto de 2015. Pode ver-se a vermelho, a linha traçada para cálculo da área da célula, com o auxílio do software LAS. Esta célula tinha uma área de 24297,124 μm^2 e grânulos de amido de grandes dimensões .

A realização destas análises morfológicas às dimensões das células das diferentes zonas, e observação da distribuição dos grânulos de amido no seu interior, surgiu como mais uma hipótese a testar, como possível fator envolvido no tipo de textura da polpa das batatas após serem cozidas. Taylor *et al.*, (2007) dizem que cultivares que tenham células na região exterior ao anel vascular, com uma quantidade elevada de grânulos de amido, estão mais aptas a sofrer desintegração depois de cozidas, do que aquelas que tenham teores mais baixos. Neste trabalho, não foram testadas diferentes cultivares de batata (estudou-se apenas a cultivar Monalisa), no entanto, cozeram-se batatas com diferentes datas de colheita, e portanto, diferentes tempos de armazenamento. Ora, anteriormente, referiu-se que o teor de amido no interior dos tubérculos vai variar de acordo com a sua data de colheita e tempo de conservação. Quanto mais tempo se prolongar o armazenamento de tubérculos (neste caso a 4°C) menos amido terão, uma vez que o mesmo irá sofrer degradação em açúcares redutores, devido à respiração celular. Isto pode querer dizer que, esses tubérculos, quando cozidos, irão desintegrar-se menos (menos amido), do que tubérculos colhidos mais tarde e portanto, armazenados durante menos tempo. De acordo com esta lógica, seria então de esperar que,

entre duas batatas sujeitas a cozedura no mesmo dia, em que uma tenha sido colhida pouco matura (14 de julho) e a outra mais matura (25 de agosto), depois de armazenadas durante vários meses a 4°C, a primeira terá um maior teor de açúcares redutores, e portanto, depois de cozida, ficará mais firme.

A Figura 47 mostra a comparação entre os tamanhos das células e do seu conteúdo em amido, de batatas colhidas a 14 de julho (à esquerda) e a 25 de agosto (à direita). Aparentemente parecem não haver diferenças que se realcem muito, no entanto pode dizer-se que observando com alguma atenção, as células da batata colhida primeiro, são um pouco mais pequenas e parecem ter menos amido, do que as da batata colhida mais tarde.

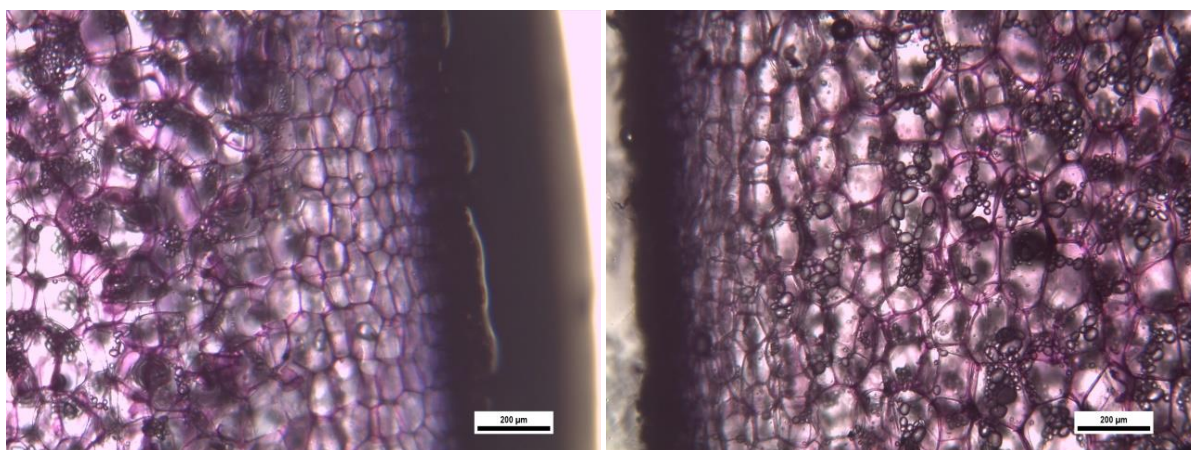


Figura 47 - Imagem obtida através de microscopia ótica (escala 200µm) da região que abrange as células da periderme e do córtex, de uma batata da amostra A (à esquerda) e da amostra G (à direita).

Taylor *et al.* (2007) referem que o tamanho das células influencia a textura das batatas cozidas, sendo que as células maiores se separam mais facilmente durante a cozedura, e portanto originam texturas menos firmes. De acordo com Linehan *et al.*, (1986), a textura de uma batata cozida resulta de diversas características físicas da mesma, destacando-se a sua coesão, que influencia o seu grau de consistência. A coesão varia de acordo com as forças de adesão, existentes entre as células da batata, que são variáveis com a estrutura da lamela média das células, com o tamanho dessas mesmas e com a composição química da batata. Células mais pequenas têm maiores áreas de contacto entre elas, e portanto, maior adesão intercelular (maior coesão), o que faz com que depois de serem sujeitas a altas temperaturas, se separem com mais dificuldade do que células maiores. Por esta lógica, as batatas colhidas a 25 de agosto, quando cozidas, deveriam ter uma textura mais fraca (maior desintegração).

Considera-se então, tendo em atenção as observações feitas, que a dimensão das células dos tubérculos de batatas, assim como o seu teor em amido, são fatores importantes que contribuem para a variação da textura desta matéria-prima após a sua cozedura.

4.9. Composição mineral

No Quadro 20 apresentam-se os teores de B, K, Ca e Mg, obtidos pela análise de tubérculos colhidos a 14 de julho e a 25 de agosto. Pode ver-se que as variações encontradas entre as duas amostras não foram muito relevantes, tendo o potássio sido o nutriente que mais variou de uma data para a outra (mais 0,5 g/kg nas batatas de 25 de agosto).

Quadro 20 – Teores de boro, cálcio, magnésio e potássio, apresentados em g/kg de batata (seca), presentes em tubérculos colhidos a 14 de julho e a 25 de agosto de 2015.

Nutrientes (g/kg)	Data de colheita		
	14/07/2015	25/08/2015	Varição (g/kg)
B	1,237	0,864	-0,373
Ca	0,075	0,163	0,087
Mg	1,341	1,459	0,118
K	17,306	17,807	0,500

As variações encontradas estão certamente relacionadas com as adubações aplicadas no campo, mas uma vez que o caderno de campo não se encontra atualizado até estas datas, não é possível saber que tipo de produtos foram aplicados, nem quando.

Destas análises achou-se interessante destacar as diferenças obtidas para o cálcio, dada a importância deste nutriente no processo de *cross-link*, que é capaz de efetuar com substâncias pécticas presentes na região da lamela média das células. Como já referido, as pontes de cálcio efetuadas entre substâncias pécticas de alguns produtos hortofrutícolas, como a batata, são muito importantes para conferir estruturas mais rígidas às suas células, ao contribuírem para um aumento da adesão intracelular (Kays & Paull, 2004). Assim sendo, depreende-se que teores mais elevados de cálcio promovem um aumento da coesão dos tubérculos conferindo-lhes uma textura mais firme.

Segundo os resultados apresentados no Quadro 20 as batatas colhidas a 25 de agosto revelaram ter cerca de 87 mg de Ca/kg de batata (8,7 mg Ca/100g de batata) a mais, do que as batatas colhidas a 14 de julho. De acordo com o Instituto Nacional Dr. Ricardo Jorge (2010), o teor médio de Ca em 100 g de batata crua é de 9 mg. Deste modo, pode considerar-se que as diferenças entre o teor deste nutriente nas duas datas, são relativamente significantes, uma vez que segundo o que acima foi referido poderia indicar que as batatas colhidas mais tarde, depois de cozidas, teriam uma textura mais firme.

4.10. Análise da composição química da batata por NIR e FTIR

Na Figura 48 pode ver-se a projeção das amostras no primeiro plano principal, que mostra a separação dos espectros NIR, efetuados para as amostras recolhidas nas duas diferentes datas de colheita. Foram analisadas 8 batatas colhidas a 14 de julho e 8 batatas colhidas a 25 de agosto. De cada uma dessas amostras foram feitos espectros para as regiões exterior (fora) e interior (dentro) ao anel vascular. Estes espectros são de difícil interpretação e, além disso, contêm quer informação física, quer química, que se traduz em variações na nuvem de pontos, de difícil explicação.

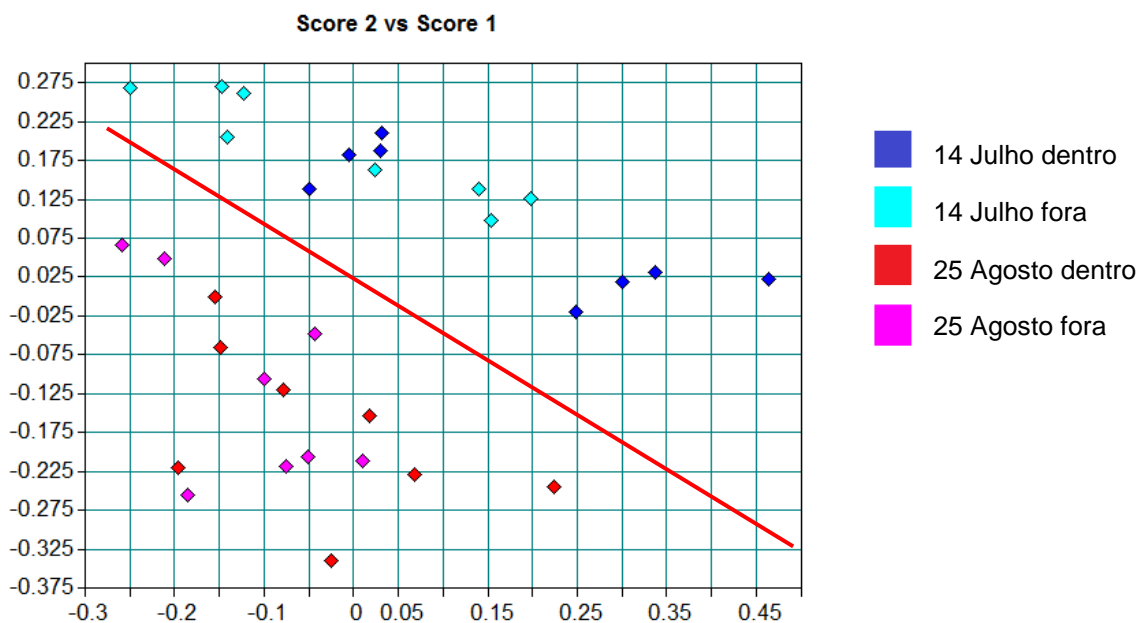


Figura 48 – Projeção das amostras no primeiro plano principal, obtido da análise em componentes principais (*score plot*) dos espectros NIR. A azul-escuro e claro, representam-se as regiões de dentro e de fora do anel vascular, respetivamente, das batatas colhidas a 14 de Julho, e a vermelho e magenta as regiões de dentro e de fora de batatas colhidas a 25 de Agosto, respetivamente. A linha vermelha evidencia a separação das amostras.

Para melhor perceber as diferenças apresentadas no *score plot*, foram efetuados espectros ATR-FTIR, que se apresentam na Figura 49. Podem ver-se 4 espectros, representando cada um, as médias dos espectros obtidos para as duas regiões de 8 batatas de cada data. Por exemplo, a linha (espectro) azul escura, foi obtida da média de 8 espectros, feitos com amostras da região interior ao anel vascular de 8 batatas diferentes, colhidas no dia 14 de julho de 2015.

Como se pode ver na Figura 49, os espectros ATR-FTIR mostram claramente a existência de diferenças na composição química das batatas, colhidas nas duas datas diferentes. Os espectros foram normalizados pelo mínimo a 1800 cm^{-1} e pelo máximo, correspondente à banda de maior intensidade, com máximo a 992 cm^{-1} .

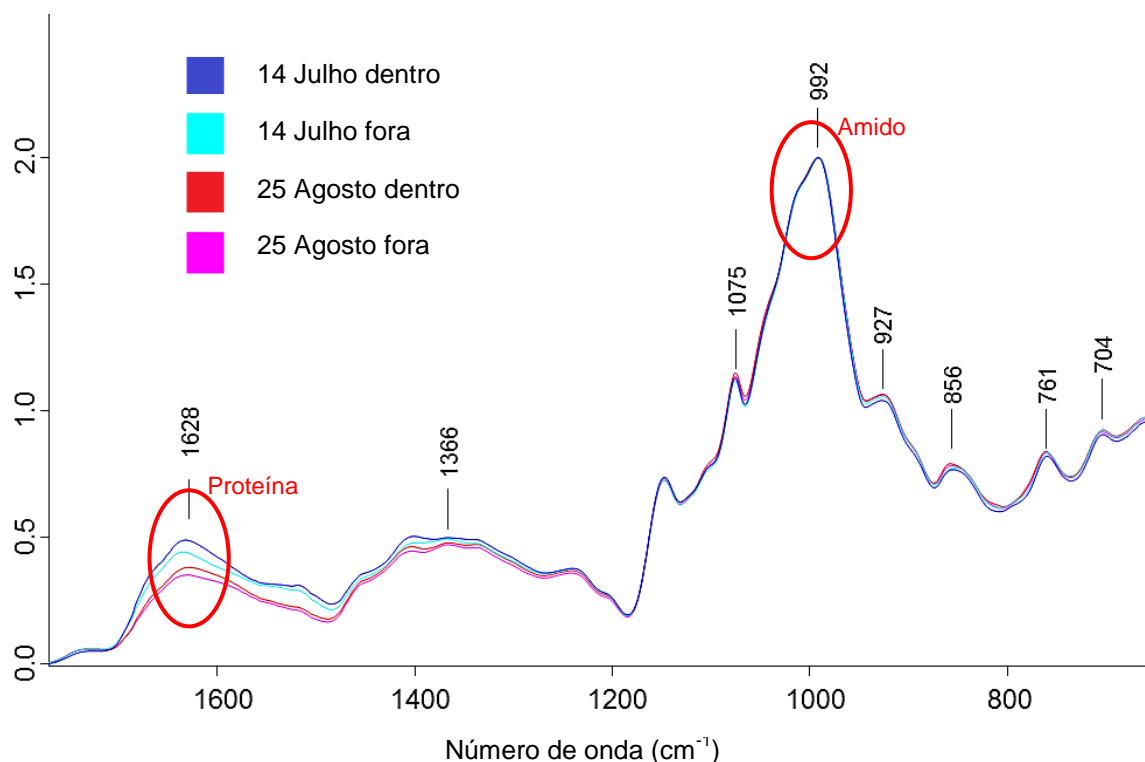


Figura 49 – Espectros obtidos pela leitura de diversas amostras de batata, no aparelho PLATINUM-ATR da Bruker, pela aplicação da técnica de Espectroscopia de Infravermelho Próximo (FT-NIR).

A Figura 49 mostra que na região entre os 1500 e os 1700 cm^{-1} há um afastamento entre os 4 espectros. Sabendo que, entre os 1500 e os 1800 cm^{-1} , se lê a presença de proteínas num espectro FTIR (Taoutaou *et al.*, 2012), podemos ver que as batatas colhidas a 14 de julho apresentam mais alto teor proteico (tanto na região interior como exterior ao anel) do que as batatas colhidas a 25 de agosto. Pode ainda ver-se que as regiões exteriores ao anel têm mais proteínas que as interiores. Estes dados são coerentes com os obtidos pela quantificação das proteínas (capítulo 4.6), que indicaram que em média, batatas de 14 de julho teriam 6,602 % de proteína/ % MS e que batatas colhidas a 25 de agosto teriam 2,312 % de proteína/ %MS.

É importante ainda referir, que uma vez que os compostos químicos maioritariamente presentes na matéria seca da batata correspondem ao amido (cerca de 70%) e à proteína (cerca de 6%), por diferenças de proporção relativa entre estes dois compostos, pode afirmar-se que as batatas colhidas a 25 de agosto terão maior teor de amido (estiveram mais tempo no solo a sintetizar). Este facto advém de uma maior teor de proteína implicar menor teor de amido. Pode ainda dizer-se que uma vez que a região exterior ao anel vascular das batatas de 25 de agosto foi a que revelou ter menor teor de proteína (linha rosa), significa que será a amostra com maior teor de amido, a que se segue, a linha magenta (zona interior/colheita a 25 de agosto), azul clara (zona exterior/colheita a 14 de julho) e azul escura (zona interior/14 de julho).

Segundo Soest *et al.* (1994) e Taoutaou *et al.* (2012), é possível ler a presença de amido entre os 900 e os 1100 cm^{-1} . Na Figura 49, a banda correspondente ao comprimento de onda de 992 cm^{-1} , indica a presença de amido nas batatas analisadas.

De acordo com o que foi referido anteriormente, cultivares cujo teor de amido da região exterior ao anel vascular é elevado, são mais aptas a sofrerem deteriorações da polpa, quando sujeitas a cozedura (Taylor *et al.*, 2007). Estes resultados sugerem que as batatas colhidas mais tarde (25 de agosto) estarão mais aptas a ter uma textura menos consolidada.

4.11. Aptidão da batata à cozedura

A avaliação da textura das batatas após a cozedura foi efetuada em duas datas diferentes, referidas anteriormente no Erro! A origem da referência não foi encontrada..

As batatas cozidas no dia 10 de outubro, que foram colhidas no dia 14 de julho, revelaram ter uma estrutura menos consolidada do que as batatas colhidas a 25 de agosto. Uns minutos após serem deixadas arrefecer, a região exterior ao anel vascular das batatas de dia 14 começou lentamente a destacar-se do resto da polpa. O mesmo não aconteceu com as batatas colhidas a 25 de agosto, que aparentaram estar mais consolidadas (Figura 50).



Figura 50 - Diferença de textura entre duas batatas, cozidas no mesmo volume de água, durante o mesmo tempo. À esquerda apresenta-se a batata colhida a 14 de Julho e à direita a batata colhida a 25 de Agosto de 2015.

Contrariamente, quando as batatas foram cozidas (cerca de 2 meses e meio depois – a 23 de dezembro), as de 25 de agosto revelaram desintegrar-se mais do que as que foram colhidas a 14 de julho (Figura 51). A percentagem de perda de matéria seca com o processo de cozedura das batatas colhidas a 14 de julho, foi de 0,19%, e das batatas colhidas a 25 de agosto, foi de 0,25% (valores obtidos da média de 9 batatas cozidas de cada data, que não têm qualquer significado estatístico, mas que poderiam indicar uma tendência para a maior desagregação dos tubérculos colhidos a 25 de agosto).

Estes resultados são muito pouco relevantes, uma vez que na primeira cozedura o número de repetições foi muito baixo, tendo-se cozido batatas apenas para ver como seria o seu comportamento naquele mês, dado o objetivo do trabalho. Cozeram-se apenas duas batatas que demonstraram ter esse comportamento. Esse resultado, no entanto, vai ao encontro dos resultados obtidos para o teor de cálcio das células dos tecidos dos tubérculos, em que foi referido que batatas com menor teor desse nutriente (14 de julho) iriam revelar ter uma textura menos compacta quando cozidas.

Na 2ª vez que foram feitas cozeduras (Figura 51), fizeram-se mais repetições, tendo-se cozido 9 batatas de cada data. O facto de as batatas colhidas a 25 de agosto terem aparentemente uma textura mais mole, vai ao encontro do que tem vindo a ser referido ao

longo da discussão da maioria dos resultados obtidos, nomeadamente no que toca ao teor de açúcares e ao tamanho das células, assim como às análises químicas obtidas por espectroscopia – as células pertencentes a tubérculos mais maduros (25 de agosto) revelaram ter maior dimensão, assim como maior teor de amido, particularmente na região exterior ao anel vascular, o que proporciona uma maior desintegração dos tecidos durante a cozedura. Adicionalmente, as batatas tinham já vários meses de conservação, particularmente as de 14 de julho, pelo que provavelmente nestas já todo o amido se tinha convertido em açúcares redutores, que contribuíram para a sua firmeza na cozedura.

Interessa aqui acrescentar que as batatas que foram cozidas na 2ª data, correspondente ao 9º dia de prazo de validade das embalagens, se encontravam em boas condições para consumo (não tinham qualquer tipo de odor, cor ou textura estranhos). Em resposta à questão colocada, referente ao prazo útil de vida das embalagens de batata, tendo em conta estes resultados, pode dizer-se que os 9 dias atribuídos serão um prazo apropriado. Esta situação sugere que os problemas referidos anteriormente com alguns lotes de batata que chegaram aos clientes finais em más condições, se deverá certamente a um manuseio inadequado das embalagens entre o momento de saída das câmaras frigoríficas e a chegada ao destino final (como por exemplo, a interrupção da cadeia de frio por períodos de tempo prolongados).

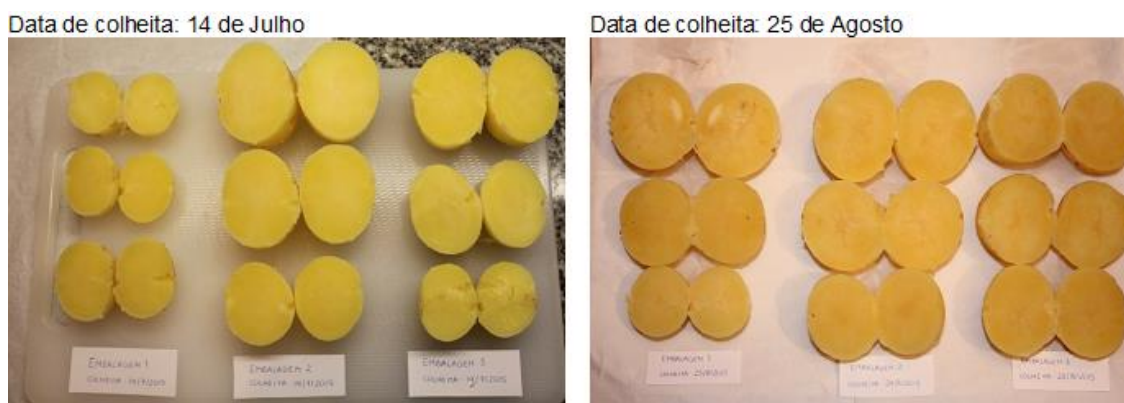


Figura 51 - Comparação de textura entre batatas das duas datas em análise, quando cozidas no dia 23 de Dezembro de 2015.

5. CONCLUSÕES

Com base no objetivo principal deste trabalho, que era estudar a influência da data de dessecagem e, conseqüentemente, do início da cura natural dos tubérculos nas suas diversas propriedades químicas e morfológicas, procura-se agora tirar algumas conclusões baseadas nos resultados obtidos. Pretende-se propor sugestões envolvendo a decisão da realização ou não da dessecagem, do tipo e tempo de cura que se deve efetuar e o tipo de armazenamento a que os tubérculos (desta cultivar) deverão ser sujeitos depois da colheita, tendo em vista a obtenção de batatas cozidas com qualidade textural do agrado dos consumidores.

Tendo em conta o intervalo de valores de MS que corresponde a texturas apropriadas de batatas cozidas (17 a 20%) (Rousselle-Bourgeois & Rousselle, 1999), previamente sugeriu-se que as amostras B, D e H revelaram ter uma tendência não significativa, para não se encontrarem aptas à cozedura. No entanto, pode apenas considerar-se a sua inaptidão, supondo que as batatas dessas amostras seriam cozidas nesse mesmo dia, uma vez que se tem de considerar a variação a que os teores de MS estão sujeitos ao longo do tempo e tipo de armazenamento dos tubérculos.

Há que ter certos cuidados na tomada de decisão do tipo e tempo de cura a efetuar, visto que esta prática pode conduzir à obtenção de teores de MS mais altos, pouco desejáveis em batatas para cozer. A realização da cura a 16°C (condições ideais), de tubérculos colhidos tanto a 14 de julho (B) como a 29 de julho (D) pode ter sugerido não ser adequada, uma vez que as batatas tiveram teores médios de MS > 20% (que se traduz em texturas pouco consolidadas de batata cozida). Esta situação pode eventualmente explicar-se pela formação duma periderme quase perfeitamente suberizada, que ao ser tão impermeável, foi vantajosa ao promover uma proteção contra agentes patogénicos, mas que por outro lado conduziu a uma redução das taxas de respiração dos tubérculos, mantendo o seu teor de amido elevado (alto teor de MS).

A interpretação dos teores de MS das amostras H (21,3%) e G (19,6%) é um pouco inconsistente, visto que seria de esperar que tubérculos conservados à temperatura ambiente (H), tivessem teores de MS mais baixos, associados a uma maior taxa de respiração. Por outro lado, esperavam-se taxas de respiração mais baixas, a baixas temperaturas de conservação (G) e conseqüentemente, teores de MS mais elevados. Com base no facto das diferenças observadas entre estes resultados não terem revelado qualquer significância estatística e terem sido baseados em médias de teores de MS de apenas 4 batatas (amostra reduzida), pode dizer-se, tendo em conta a bibliografia consultada, que as temperaturas mais adequadas, para a conservação por longos períodos de tempo dos tubérculos, seriam entre 5°C e 8°C. Pringle *et al.* (2009) referem que abaixo de 5/6°C a taxa de respiração das batatas aumenta e Voss *et al.*, (2004) referem que a temperatura ideal de conservação prolongada de tubérculos destinados ao processamento mínimo é a de aproximadamente 7,2°C. No entanto, a tentativa de encontrar a temperatura ideal de conservação da batata é um desafio, uma vez que as temperaturas não influenciam apenas as taxas de respiração dos tubérculos e o seu teor de MS (amido), mas afetam também teores de outros compostos químicos como os açúcares redutores, variando com as cultivares de batata. Existe uma grande discordância relativamente à temperatura ideal de conservação. De acordo com Olsen *et al.* (2005) e Coffin *et al.* (1987), quanto mais baixas as temperaturas de conservação (<10°C), mais intenso é o fenómeno de LTS (acumulação de açúcares redutores nos tubérculos) e de acordo com Picha (1986), abaixo de 4°C são promovidas as reações de *Maillard* (interação dos açúcares redutores com aminoácidos, originando manchas castanhas nos tecidos, depois de sujeitos a altas T^{as} durante a confeção). De facto, neste estudo foi detetado um aumento na quantidade de açúcares

reduzidores das batatas da amostra G, possivelmente associado à baixa temperatura a que foram conservadas.

Uma vez que neste trabalho não foi detetada a ocorrência das reações de *Maillard* em nenhuma batata cozida (e tendo em conta que este fenómeno é mais incidente no processo de fritura), pode manter-se a sugestão de que, pelo menos para as batatas da cultivar Monalisa para cozer, as temperaturas de conservação adequadas serão entre os 5 e os 8°C. Estes valores de temperatura podem permitir uma inibição do abrolhamento dos tubérculos, assim como uma redução de perdas de água por respiração e por evaporação, contribuindo para reduzir as suas perdas de massa (rendimento).

O principal objetivo que se procura ao tentar encontrar a temperatura ideal de conservação, é minimizar as taxas de respiração dos tubérculos, de modo a que fiquem durante longos períodos de tempo num estado dormente, sem oscilações nos seus teores de açúcares redutores (evitando-se perdas de massa).

As atividades das enzimas PAL e PPO, que se encontram interrelacionadas pelas reações do metabolismo dos fenilpropanóides (um aumento na atividade da PAL promove a formação de compostos que vão ser oxidados pela PPO), revelaram expressar-se maioritariamente nas amostras B, D e G. Como foi já referido, os picos de atividade destas enzimas surgiram associados às amostras que sofreram cura na câmara de crescimento a 16°C (B e D) e às amostras armazenadas a 4°C (G). Estes picos de expressão enzimática, nos tubérculos das referidas amostras (B e D, colhidas a 14 e 29 de julho), estão associados ao facto de a ação da PAL ser estimulada em peridermes mais frágeis e pouco consolidadas, pertencentes a batatas pouco maduras (colhidas cedo). Já no caso da amostra G (colhida mais tarde a 25 de agosto), o pico de expressão das enzimas justifica-se pela exposição a 4°C durante o armazenamento, que estimula a atividade das mesmas (ativação do metabolismo dos fenilpropanóides, em reação a situações próximas de *chilling injury*, como forma de formação de uma *wound periderm* que confira proteção ao tubérculo) (Kumar & Knowles, 2003 e Lattanzio *et al.*, 2012).

Destes resultados, poderá concluir-se que de facto a cura efetuada a 16°C é bastante efetiva na estimulação da atividade das enzimas em causa e consequentemente na formação duma periderme mais consolidada. Já o pico de expressão da PPO na amostra G não foi propriamente positivo, uma vez que a sua ocorrência se deveu ao facto de se exporem os tubérculos a temperaturas demasiado baixas. A tais temperaturas, favorece-se a atividade da PPO, que vai intervir na oxidação de compostos fenólicos, através de reações enzimáticas anteriormente referidas – contribuem para a formação de o-quinonas, que ao serem polimerizadas levam à formação de compostos acastanhados, indesejáveis ao processamento mínimo (o que neste caso não ocorreu).

Como conclusão geral, tendo em conta os dados sugeridos pelos teores de MS (relativos às amostras B, D e H), e considerando também os dados obtidos das áreas e perímetros das células (maiores dimensões em tubérculos colhidos mais tarde), pode sugerir-se a combinação de dessecação/cura/conservação, que poderia eventualmente ter sido mais

vantajosa para a obtenção de um produto de boa qualidade, no ano de produção em causa (2015): realização da dessecação da rama a 29 de Julho (tal como foi feita), deixando os tubérculos durante 15 dias após essa operação, a efetuar cura natural no solo, e colheita mecânica no dia 13 de Agosto. De seguida, armazenamento dos tubérculos em câmara de refrigeração entre 5 a 8°C. Deve ter-se em atenção que o dia da colheita pode ser variável de acordo com as temperaturas do ar, e de preferência esta operação deverá ser feita nas horas mais frescas do dia.

Esta sugestão é coerente com os resultados obtidos, não só para as atividades das enzimas PAL e PPO, do teor de compostos fenólicos da casca e dos teores (pouco relevantes) de MS, mas também para os dados referentes aos teores de açúcares redutores, às dimensões das células e ao teor de amido obtido entre batatas de diferentes estados de maturação.

Pode acrescentar-se, tal como já referido, que o teor de compostos fenólicos entre as várias amostras analisadas não variou significativamente, o que de acordo com a bibliografia seria um resultado expectável, uma vez que as batateiras deste ensaio cresceram todas no mesmo local, sob as mesmas condições edafoclimáticas

As batatas colhidas mais tardiamente tiveram mais tempo de produzir assimilados (amido) e portanto constituem tubérculos com maior massa. Daqui depreende-se a vantagem de colheitas um pouco mais tardias, face a colheitas precoces, de tubérculos pequenos e com cascas finas e frágeis. Tubérculos mais maduros (25 de agosto) revelarem ter células de maiores dimensões e com maior teor de amido na região exterior ao seu anel vascular. Este maior teor de amido nesta zona do tubérculo, contribui para um aumento da sua desagregação durante a cozedura. De facto, as batatas colhidas mais tarde revelaram na 2ª data de cozedura ter uma textura menos firme que as batatas colhidas mais cedo.

Pode concluir-se que o ideal em termos de qualidade do produto final, poderia ter sido o processamento de produtos colhidos numa data intermédia, como por exemplo a de 13 de Agosto. Os tubérculos colhidos mais cedo (14 de julho) eram demasiado pequenos (menor rendimento económico da parcela) e tinham menor capacidade de conservação por longos períodos de tempo, devido a terem uma periderme pouco suberizada.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agromais, 2013. *Agromais*. Disponível em: <http://www.agromais.pt/pagina.aspx?ID=15> (Acedido em Dezembro 2015).
- Almeida, D., 2014. *Manual de culturas hortícolas*. 2ª ed. Lisboa: Editorial Presença.
- Anderson, L. *et al.*, 2015. *Root, Tuber, and Banana Textural Traits: A Review of the Available Food Science and Consumer Preferences Literature*, Washington: University of Washington.
- Bach, E. & Schollmeyer, E., 1992. An Ultraviolet-spectrophotometric method with 2-cyanoacetamide for the determination of the enzymatic degradation of reducing polysaccharides. *Analytical biochemistry*, 203: 335 - 339.
- Bansal, V., Siddiqui, M. & Rahman, M., 2015. Minimally processed foods: Overview. In: *Minimally processed foods*. Suíça: Springer .
- Bayer, 2009. *Bayer CropScience*. Disponível em: http://www.bayercropscience.pt/internet/empresa/artigo.asp?menu=90&id_artigo=654&seccao=93 (Acedido em Novembro 2015).
- Boubakri, H. *et al.*, 2013. Thiamine modulates metabolism of the phenylpropanoid pathway leading to enhanced resistance to *Plasmopara viticola* in grapevine. *Plant biology*, 13: 31.
- Bouzo, C., 2008. *El Cultivo de la Papa en Argentina*. Disponível em: <http://www.ecofisiohort.com.ar/wp-content/uploads/2009/04/cultivo-de-papa-en-argentina.pdf> (Acedido em Novembro 2015).
- Bradford, M., 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72: 248 - 254.
- Bradshaw, J. & Ramsay, G., 2009. Potato origin and production. In: *Advances in Potato Chemistry and technology*. 1ª ed. s.l.:Elsevier.
- Burns, D. & Emil, C., 2008. *Handbook of Near-Infrared Analysis*. 3ª ed. EUA: CRC press.
- Caixinha, R., 2013. *Agroportal - Batata Indústria - Práticas culturais*. Disponível em: <http://www.agroportal.pt/a/2013/rcaixinha.htm#.VmmeyfnhDIU> (Acedido em Dezembro 2015).
- Canadian Food Inspection Agency , 2015. *The Biology of Solanum tuberosum (L.) (Potatoes)*. Disponível em: <http://www.inspection.gc.ca/plants/plants-with-novel-traits/applicants/directive-94-08/biology-documents/solanum-tuberosum-l-/eng/1330982063974/1330982145930#a25> (Acedido em Novembro 2015).
- Cantos, E., Tudela, J. A., Gil, M. & Espín, J. C., 2002. Phenolic compounds and related enzymes are not rate-limiting in browning development of fresh-cut potatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 3015 - 3023.
- Cardoso, M. S., 2011. *Caracterização histológica e histoquímica das células tuberosas em diferenciação das peridermes do sobreiro e da batata*, s.l.: s.n.

- Centro Internacional de La Papa, 2015. *International Potato Center*. Disponível em: <http://cipotato.org/press-room/press-releases/new-world-catalogue-of-potato-varieties/> (Acedido em Dezembro 2015).
- Chi, M. *et al.*, 2014. Reduced polyphenol oxidase gene expression and enzymatic browning in potato (*Solanum tuberosum* L.) with artificial microRNAs. *BioMed central Plant Biology*, 14: 62.
- Clayton, L., 2014. Green Potatoes - Causes and Concerns. Janeiro.
- Coffin, R., Parkin, K., Grodzinski, B. & Stanley, D., 1987. Effect of low temperature storage on sugar concentrations and chip color of certain processing potato cultivars and selections. *Journal of food science*, 52: 639.
- Espín, J. C. & Tomás-Barberán, F., 2001. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81: 853 - 876.
- EUFIC, 2008. *European Food Information Council (EUFIC)*. Disponível em: <http://www.eufic.org/article/en/expid/The-Basics-Proteins/> (Acedido em 2016).
- Ezeta, F., 2008. *FAO*. Disponível em: <http://www.fao.org/docrep/010/i0200e/I0200E06.htm> (Acedido em Agosto 2015).
- FAO, 2008. *International year of the potato*. Disponível em: <http://www.fao.org/potato-2008/en/potato/origins.html> (Acedido em Novembro 2015).
- FAO, 2015. Disponível em: <http://faostat3.fao.org/compare/E> (Acedido em Agosto 2015).
- FAO, 2016. *International Year of the Potato*. Disponível em: <http://www.fao.org/agriculture/crops/thematic-sitemap/theme/hort-indust-crops/international-year-of-the-potato/en/> (Acedido em Janeiro 2016).
- Farm Fresh Direct, 2012. *Many Ways To Cook Potatoes*. Disponível em: <http://farmfreshdirect.net/many-ways-to-cook-potatoes/> (Acedido em Janeiro 2016).
- Friedman, M., 1997. Chemistry, Biochemistry, and Dietary Role of Potato Polyphenols. A Review. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45.
- García-Segovia, P., Andrés-Bello, A. & Martínez-Monzó, J., 2008. Textural properties of potatoes (*Solanum tuberosum* L., cv. Monalisa) as affected by different cooking processes. *Journal of Food Engineering*, 88: 28 - 35.
- Gardé, A., 1974. A cultura da batata.
- Gardé, A. & Gardé, N., 1988. *Culturas hortícolas*. 4ª ed. s.l.:Livraria Clássica Editora.
- Gertzen, R. & Escobar, M., 2014. *Assays of Polyphenol Oxidase Activity in Walnut Leaf Tissue*. Disponível em: <http://www.bio-protocol.org/e1213> (Acedido em 2016).
- Gormley, T., 1998. *Relating Starch properties to boiled-potato texture*, Dublin: Teagasc.
- Gurbuz, G. & Chang, L., 1997. Color of Minimally Processed Potatoes as Affected by Modified Atmosphere Packaging and Antibrowning Agents. *Journal of Food Science*, 62.
- Haderlie, L. *et al.*, 1989. Chemical Desiccation of Potato Vines. *American Potato Journal*, 66.

Hamouz, H. *et al.*, 2010. Effect of natural and growing conditions on the content of phenolics in potatoes with different flesh colour. *Plant and Soil environment*, 56: 368 - 374.

Hartmann, R. & Buning, P. H., 1998. NIR determination of potato constituents. *Potato Research*, 41: 327 - 334.

Huamán, Z., 1986. *Systematic Botany and Morphology of the Potato*, Lima, Peru: s.n.

Hussein, O. & Hamideldin, N., 2014. Effects of spraying irradiated alginate on *Solanum tuberosum* L. plants: growth, yield and physiological changes of stored tubers. *Journal of Agriculture and veterinary science*, 7: 75 - 79.

Hyodo, H., 1976. Wound-induced phenylalanine ammonia-lyase in potato tuber tissue. Development of enzyme activity and effects of antibiotics. *Biochemistry Journal*, 79: 277 - 282.

Hyun, M., Yun, Y., Kim, J. & Kim, S., 2011. Fungal and plant Phenylalanine Ammonia-lyase. *Mycology Journal*, 39: 257 - 265.

Instituto Nacional Dr. Ricardo Jorge, 2010. *Instituto Nacional de Saúde Doutor Ricardo Jorge*. Disponível em: <http://www.insa.pt/sites/INSA/Portugues/AreasCientificas/AlimentNutricao/AplicacoesOnline/TabelaAlimentos/PesquisaOnline/Paginas/DetailAlimento.aspx?ID=IS585> (Acedido em Dezembro 2015).

IPMA, 2015. *Instituto Português do Mar e da Atmosfera*. Disponível em: <https://www.ipma.pt/pt/educativa/tempo.clima/index.jsp?page=clima.pt.xml> (Acedido em Dezembro 2015).

Jane, J., Xu, A., Radosavljevic, M. & Seib, P., 1992. Location of amylose in normal starch granules. I. Susceptibility of amylose and amylopectin to cross-linking reagents. *Cereal Chemistry*, 69: 405 - 409.

Karenlampi, S. & White, P., 2009. Potato Proteins, Lipids, and Minerals. In: *Advances in Potato Chemistry and Technology*. 1ª ed. s.l.:Elsevier.

Kays, S. & Paull, R., 2004. Secondary metabolic processes and products. In: *Postharvest biology*. Georgia, EUA: s.n., p. 568.

Ke, D. & Saltveit, M., 1986. Effects of Calcium and auxin on Russet spotting and phenylalanine ammonia-lyase activity in Iceberg lettuce. *American Society for Horticultural Science*, 21: 1169 - 1171.

Kellock, T. & Department of Primary Industries, V., 2010. *Agriculture Victoria*. Disponível em: <http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/horticulture/vegetables/potatoes/potatoes-factors-affecting-dry-matter> (Acedido em Janeiro 2016).

Kempen, P., Corre, P. & Bedin, P., 1999. Fitotecnia. In: *La Patata - producción, mejora, plagas y enfermedades*. 1ª ed. Paris: s.n., pp. Mundi-Prensa.

King, B. & Stark, J., 1997. *Potato Irrigation Management*, Idaho: University of Idaho - cooperative extension system.

Koning, R., 1994. *Structure-Activity Relationships with polyphenoloxidase*. Disponível em: http://plantphys.info/plant_physiology/enzymelab.html (Acedido em 2016).

- Kumar, D., Singh, B. & Kumar, P., 2004. An overview of the factors affecting sugar content of potatoes. *Annals of Applied Biology*, 145: 247 - 256.
- Kumar, G. & Knowles, N., 2003. Wound-induced superoxide production and PAL activity decline with potato tuber age and wound healing ability. *Physiologia Plantarum*, 117: 108 - 117.
- Lattanzio, V., Cardinali, A. & Linsalata, V., 2012. Plant phenolics: A biochemical and physiological perspective. In: *Recent advances in polyphenol research*. Reino Unido: Wiley Blackwell, pp. 1 - 26.
- Laurila, E., Kervinen, R. & Ahvenainen, R., 1998. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. *Postharvest news and information*, 9.
- Leja, M., 1989. Chlorogenic acid as the main phenolic compound of mature and immature potato tubers stored at low and high temperature. *Acta Physiologiae Plantarum*, 11: 201 - 206.
- Linehan, D., Stooke, C. & Hughes, J., 1986. The importance of cell size in influencing the texture of the cooked potato. I. Preliminary observations. *European Potato Journal*, 11: 221 - 225.
- Lisinska, G. & Leszczynski, W., 1989. *Potato science and technology*. EUA: Elsevier .
- Lourenço, M., 2014. *Análise de hidratos de carbono não estruturais em oliveira cv. Cobrançosa*, Lisboa: s.n.
- LQARS, 2006. *Manual de Fertilização das Culturas*. Lisboa: s.n.
- Lulai, E., 2007. Skin-set, wound healing and related defects. In: *Potato Biology and Biotechnology - Advances and perspectives*. s.l.:Elsevier, p. 856.
- MahaGro, 2013. *MahaGro*. Disponível em: <http://www.mahagro.com/articles.php?n=37> (Acedido em Novembro 2015).
- Marques, J. J., 2014. *Escuela de vida sostenible*. Disponível em: http://escueladevidasostenible.blogspot.pt/2014_11_01_archive.html (Acedido em Novembro 2015).
- MC Rios, 2011. Disponível em: <http://www.mcrios.pt/content/hzpc-15> (Acedido em Agosto 2015).
- Meyhuay, M., 2001. *Potato - Post-Harvest Operations*, Peru: AGSI/FAO.
- Morales-Fernández, S. *et al.*, 2015. Growth, yield and sugar content of potato tubers at different physiological ages. *Chapingo Serie Horticultura*, Julho.
- Navarre, D., Goyer, A. & Shakya, R., 2009. Nutritional value of potatoes: Vitamin, Phytonutrient and Mineral Contents. In: *Advances in Potato Chemistry and Technology*. 1ª ed. s.l.:Elsevier.
- Ngadze, E., Icishahayo, D., Coutinho, T. A. & van der Waals, J., 2012. Role of Polyphenol Oxidase, Peroxidase, Phenylalanine Ammonia Lyase, Chlorogenic Acid, and Total Soluble Phenols in Resistance of Potatoes to Soft Rot. *Plant disease journal*, 96: 186 - 192.
- NIVAP, 2011. *Catálogo holandês de variedade de batata*. Disponível em: http://www.nivaa.nl/files/Catalogo_holandese_de_variedades_de_batata_2011_Nivap.pdf (Acedido em Agosto 2015).

- OECD, 1997. *Consensus document on the biology of Solanum tuberosum subsp. tuberosum (potato)*, Paris: s.n.
- Olsen, N., Kleinkopf, G., Woodell, L. & Brandt, T., 2005. *Processing quality: Cultivars, Vine Kill And Storage*. Idaho, Idaho Potato Conference.
- Parson, D., 1986. *Papas - Manuales para educación agropecuaria*.
- Petri, E., Arroqui, C., Angós, I. & Vírveda, P., 2008. Effect of Preservative Agents on the Respiration Rate of Minimally Processed Potato (*Solanum tuberosum* cv. Monalisa). *Journal of Food Chemistry*, 73.
- Picha, D., 1986. Influence of storage duration and temperature on sweet potato sugar content and chip color. *Journal of food Science*, 51: 239.
- Pinhero, R., Coffin, R. & Yada, R., 2009. Post-harvest storage of potatoes. In: *Advances in Potato Chemistry and Technology*. 1^a ed. s.l.:Elsevier.
- Potato Council, 2014. Potato Pro. Disponível em: www.potatopro.com/news/2014/great-britain-looking-forward-increased-seed-potato-exports-cuba (Acedido em Novembro 2015).
- Pots, A. et al., 1999. The effect of storage of whole potatoes of three cultivars on the patatin and protease inhibitor content; a study using capillary electrophoresis and MALDI-TOF mass spectrometry. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79: 1557 - 1564.
- Pringle, B., Bishop, C. & Clayton, R., 2009. *Potatoes postharvest*. Reino Unido: CAB international.
- Ratnayake, W. & Jackson, D., 2008. Starch gelatinization. In: *Advances in food and nutrition research*. Nebraska: Elsevier, pp. 221 - 268.
- Reddivari, L., Vanamala, J., Safe, S. & Miller, J., 2010. The bioactive compounds alpha-chaconine and gallic acid in potato extracts decrease survival and induce apoptosis in LNCaP and PC3 prostate cancer cells.. *Nutrition and Cancer Journal*, 62: 601 - 610.
- Reyes, L., Miller, J. & Cisneros-Zevallos, L., 2004. Environmental conditions influence the content and yield of anthocynins and total phenolics in purple and red-flesh potatoes during tuber development. *American Journal of Potato Research*, 81: 187 - 193.
- Rocculi, P., Romani, S., Gómez Galindo, F. & Dalla Rosa, M., 2009. Effect of Minimal processing on physiology and quality of fresh-cut potatoes: a Review. *Global Science Books*.
- Rocha, A., Coulon, E. & Morais, A., 2003. Effects of vacuum packaging on the physical quality of minimally processed potatoes. *Food Service Technology*, 3: 81 - 88.
- Rosignol, L. & Rousselle-Bourgeois, F., 1999. Botánica, morfología y taxonomía. In: *La Patata - producción, mejora, plagas y enfermedades, utilización*. França(Paris): Mundi-Prensa, p. 607.
- Rousselle-Bourgeois, F. & Rousselle, P., 1999. Mejora genética. In: *La Patata - producción, mejora, plagas y enfermedades, utilización*. França (Paris): Mundi-Prensa, p. 607.
- Sabba, R. & Lulai, E., 2002. Histological analysis of the maturation of native and wound periderm in potato (*Solanum tuberosum* L.) tuber. *Annals of Botany*, 90.
- Salaman, R. N., 1926. *Potato varieties*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Santos Pereira, L., 2004. *Necessidades de água e métodos de rega*. s.l.:Europa-América.

- SEED, 2012. SEED Sociedade Europeia de Exportação e Distribuição S.A.. Disponível em: <http://www.seed.pt/fotos/editor2/procedimentosbatatasemente.pdf> (Acedido em Novembro 2015).
- Shaw, R. & Booth, R., 1983. Simple processing of dehydrated potatoes and potato starch. Lima, Peru: International Potato Center.
- Shutterstock, 2015. Shutterstock. Disponível em: <http://www.shutterstock.com/pt/video/clip-10285838-stock-footage-potato-field-irrigated-with-a-sprinkler-system.html?src=rel/4228285:2/gg> (Acedido em Dezembro 2015).
- Siddiqui, M. & Rahman, M., 2015. Minimally processed foods. Londres: Springer .
- Silva, J. et al., 2007. Desenvolvimento e produtividade da cultura da batata irrigada por gotejamento em dois sistemas de cultivo. Engenharia Agrícola, 27: 354 - 362 .
- Soest, J., de Wit, D., Tournois, H. & Vliegerthart, J., 1994. Retrogradation of potato starch as studied by Fourier transform Infrared Spectroscopy. Starch, 12: 453 - 457.
- Taoutaou, A. et al., 2012. New Markers for Potato Late Blight Resistance and Susceptibility Using FTIR Spectroscopy. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 40: 150 - 154.
- Taylor, M., McDougall, G. & Stewart, D., 2007. Potato flavour and texture. In: Potato biology and biotechnology: advances and perspectives. Reino Unido: Elsevier, pp. 525 - 540.
- Tucker Farms, 2015. Disponível em: http://www.tuckertaters.com/p_descriptions.html (Acedido em Dezembro 2015).
- Tutiempo, 2014. Tutiempo.net. Disponível em: <http://www.tutiempo.net/clima/MONTIJO/07-2014/85340.htm> (Acedido em Agosto 2015).
- UNECE, 2011. Internal temperature-shock injuries. Disponível em: https://www.unece.org/fileadmin/DAM/trade/agr/meetings/ge.06/2011/2011_INF3E.pdf (Acedido em Janeiro 2016).
- Viscarra Rossel, R. et al., 2006. Visible, near infrared, mid infrared or combined diffuse reflectance spectroscopy for simultaneous assessment of various soil properties. Geoderma , 131: 59–75.
- Voss, R., Davis, K. & Timm, H., 2004. Proper Environment for Potato Storage. Vegetable Research and Information Center, The University of California.
- Waldron, K., Parker, M. & Smith, A., 2003. Plant Cell Walls and food quality. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2.
- Wang, Q. et al., 2015. Effects of postharvest curing treatment on flesh colour and phenolic metabolism in fresh-cut potato products. Food Chemistry, 169.
- Western Potato Council, 2003. Guide to Commercial Potato Production on the Canadian Prairies. In: s.l.:s.n.
- Wikipedia, 2015. Solanum tuberosum. Disponível em: https://es.wikipedia.org/wiki/Solanum_tuberosum (Acedido em Novembro 2015).
- Wikipedia, 2015. Wikipedia - proteínas. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Prote%C3%ADna> (Acedido em 2016).

Wismer, W., Marangoni, A. & Yada, R., 1995. Low temperature sweetening in roots and tubers. Horticultural reviews, 17.

YARA, 2015a. YARA - Crop nutrition: Agronomic Principles. Disponível em: <http://www.yara.us/agriculture/crops/potato/key-facts/agronomic-principles/> (Acedido em Dezembro 2015).

YARA, 2015b. YARA - Crop Nutrition: Magnesium Deficiency - Potato. Disponível em: <http://www.yara.us/agriculture/crops/potato/crop-nutrition/deficiencies/mg/01-4126-magnesium-deficiency---potato/> (Acedido em Dezembro 2015).

Zuang, H., 1981. La fertilisation des cultures légumières. Paris : Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes.







7. ANEXOS









Anexo 1 - Caderno de campo da cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) cv. Monalisa.

Operação	Data	Produto	Dose/ha	Estado Fenológico	Observações
Análise de solo					Agriquem Se/15.00225
Receção de semente	03-03-2015				Lot. 91829, cal. 35/55
Adubo de fundo		Amicote 6-10-20	350 Kg / Ha		
Inseticida		Clorpirifos	10 Kg / Ha		
Fungicida		Pencicurão	1 L / t		
Plantação	26-03-2015	Monalisa			Lot. 12533, Cal. 35/50, 7 Big Bags
Visita	03-04-2015			A abrolhar	
Ad. Cobertura	06-04-2015	Fertijet	350 Kg / Ha		A lanço
Ad. Cobertura	06-04-2015	Patentkali	250 Kg / Ha		A lanço
Amontoa	07-04-2015				
Herbicida	07-04-2015	Linurão 50%	1,5 Kg / Ha		Deve ser aplicado em pré-emergência da cultura, tendo previamente procedido à amontoa
Visita	13-04-2015			A abrolhar	
Visita	20-04-2015			A emergir, Monalisa mais atrasada.	
Fungicida		Cimoxanil / Mancozebe	3 Kg / Ha		
Inseticida		Lambdacialotrina	200 ml / Ha		
Ad. Foliar		Profertil	2 L / Ha		
Fungicida		Fluopicolida / Propomocarbe	1,5 L / Ha	Mesetas	
Inseticida		Acetamiprida	150 g / Ha		Prevenir epitrix
Ad. Foliar		"Hakafos base" 13-40-13	2,5 Kg / Ha		Promover tuberização
Ad. Foliar		Fosfato de zinco	1,5 L / Ha		Prevenir rhizoctónia
Visita	09-05-2015			Tuberização	Zona da cultivar Monalisa e Sophie mais fraca, reforçar adubação.
Fungicida		Dimetomorfe / Piraclostrobina	2,5 L / Ha		
Inseticida		Lambdacialotrina	0,2 L / Ha		
Ad. Foliar		Profertil	2,5 L / Ha		
Ad. Cobertura		Patentkali	100 Kg / Ha		
Ad. Cobertura		Nitromagnesio 27%	100 Kg / Ha		

Operação	Data	Produto	Dose/ha	Estado Fenológico	Observações
Visita	16-05-2015			Floração	
Fungicida		Cimoxanil / Propomocarbe	2 L / Ha		
Inseticida		Lambdacialotrina	200 ml / Ha		
Ad. Foliar		Fosfito de cobre	1,5 L / Ha		Prevenir <i>Erwinia</i>
Visita	26/05/2015				Campo com algum míldio, calibre pequeno, colocar mais algum potássio e azoto para promover calibre.
Fungicida	A realizar	Dimetomorfe / Mancozebe	2,5 Kg / Ha		
Inseticida	A realizar	Clorpirifos	0,75 L / Ha		
Ad. Foliar	A realizar	Profertil	2,5 L / Ha		
Ad. Foliar	A realizar	Tecnifol CA	2,5 L / Ha		
Ad. Cobertura	A realizar	Nit. Potássio	120 Kg / Ha		
Visita	01-06-2015				Promover calibre, ainda não aplicou Nitrato de potássio
Fungicida	03-06-2015	Zoxamida / Mancozebe	1,8 Kg / Ha		
Inseticida	03-06-2015	Tiaclopride	150 ml / Ha		
Fungicida	14-06-2015	Cimoxanil / Propomocarbe	2 L / Ha		
Inseticida	14-06-2015	Lambdacialotrina	200 ml / Ha		
Ad Foliar	14-06-2015	Tecnifol Ca	2,5 L / Ha		
Ad. Foliar	14-06-2015	Hakafos Base 7-12-40	2,5 kg / Ha		
Fungicida	28-06-2015	Ciazofamida	0,5 L / Ha		
Inseticida	28-06-2015	Tiamotoxame	80 g / Ha		
Ad. Foliar	28-06-2015	Hakafos Base 7-12-40	2,5 Kg / Ha		
Fungicida	08-07-2015	Sulfato de cobre + Cálcio	2,5 Kg / Ha		
Inseticida	08-07-2015	Alfa cipermetrina	150 ml / Ha		
Ad. Foliar	08-07-2015	Hakafos Base 7-12-40	2,5 Kg / Ha		
Inseticida	A realizar	Beta ciflutrina	0,5 L / Ha		Prevenir ocorrência de traça
Fungicida	A realizar	Fluaziname	0,4 L / Ha		Prevenir míldio nos tubérculos
Dessecante	29-07-2015	Diquato	2,5 L / Ha		

Anexo 2 – Registos fotográficos da evolução do ciclo da cultura, a partir do momento em que se iniciou o estudo.

<p>22 de maio</p> <p>Cultura em floração</p>	 A wide-angle photograph of a potato field under a clear blue sky. The plants are in the early stages of flowering, with small white flowers visible among the green foliage.	 A close-up photograph of a hand holding a single white potato flower with a yellow center, set against the green leaves of the plant.
<p>9 de junho</p>	 A photograph of a potato field with plants that have grown taller and denser than in the previous stage.	 A photograph showing a row of harvested, small, light-colored potatoes laid out on a surface of dark soil.
<p>19 de junho</p>	 A photograph of a potato field with plants that are now very dense and green.	 A photograph showing a row of harvested, light-colored potatoes laid out on a surface of dark soil.
<p>1 de julho</p>	 A photograph of a potato field with plants that are very dense and green.	 A close-up photograph of a hand holding a large, sliced potato tuber, showing its pale yellow interior.

<p>14 de julho (Pode ver-se ao fundo o pivot de rega)</p>		
<p>17 de julho</p>		
<p>20 de julho</p>		
<p>23 de julho</p>		

<p>27 de julho</p>		
<p>29 de julho (Dessecagem)</p>		
<p>3 de agosto</p> <p>Parte que foi colhida (esq.) e parte que ainda não tinha sido colhida (dir.)</p>		
<p>14 de agosto</p> <p>Aspetto da área dessecada</p>		

Anexo 3 - Protocolo para a quantificação dos fenóis totais presentes na casca da batata

Material

Tubos tipo eppendorf
Colher de laboratório
Centrifugadora (UNIVERSAL 32R)
Balança digital (Kern PB)
Sonicador (Elma Transsonic T700)
Micropipeta de 1000µL
Micropipeta de 20 µL
Micropipeta de 100 µL
Espectrofotómetro (GeneQuant pro RNA/DNA)

Reagentes

Metanol (MeOH 80%)
Ácido fórmico 1%
Água destilada
Casca de batata

Procedimento

1. Efetuar uma curva padrão para o ácido gálico

Na Figura 52 apresenta-se a curva de calibração do ácido gálico, que estava previamente feita. A equação da reta do gráfico é $y = 0.0414x - 0.0704$.

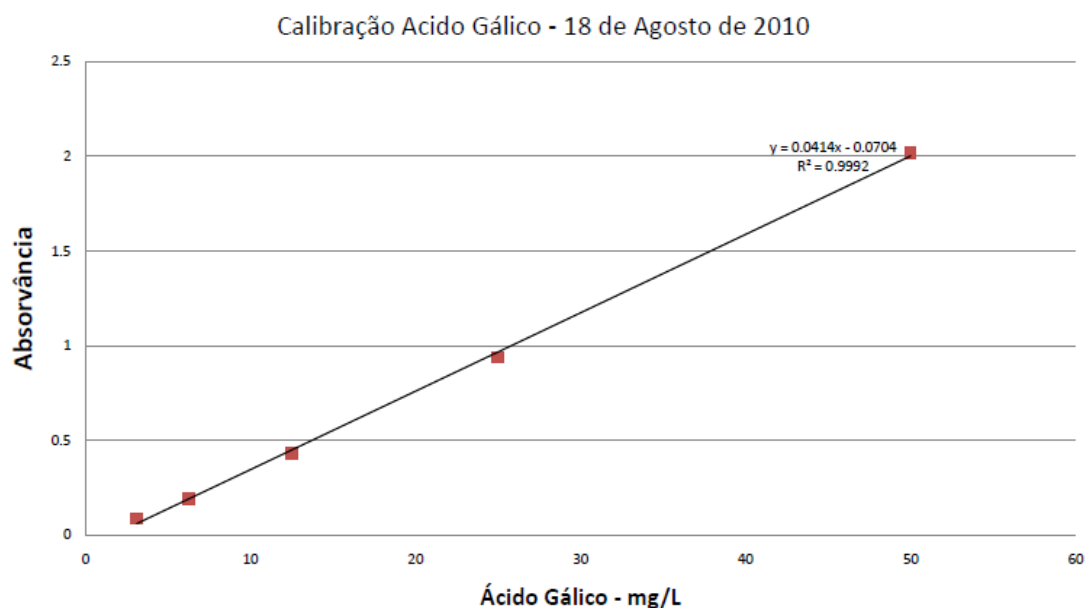


Figura 52 – Curva padrão, com soluções de concentração conhecida de ácido gálico.

2. Procedimento para a quantificação dos compostos fenólicos

2.1. Pesar 200 mg de casca de batata, previamente triturada em azoto líquido e congelada a -80°C e misturá-la dentro de um tubo tipo eppendorf com 4µL de ácido fórmico, 320µL de metanol e 76 µL de água destilada. Esta mistura irá resultar num volume de 600µL.

2.2. Colocar o tubo no frigorífico a 4°C durante 24h.

2.3. No dia seguinte, colocar o tubo tipo eppendorf com o extrato no sonicador durante 30 minutos. Em seguida colocar o mesmo tubo a centrifugar durante 20 minutos a 13000 rpm, à temperatura ambiente na centrifugadora.

2.4. Com uma pipeta retirar 50µL do excedente (obtido após a centrifugação) e adicionar 2950µL de água de modo a perfazer um volume de 3000 µL (3mL). Esta solução deve ser colocada numa cuvette de modo a ser feita a sua leitura no espectrofotómetro nos 280nm.

Anexo 4 – Protocolo para análise da atividade da PAL

Material

Tubos tipo eppendorf
Colher de laboratório
Centrifugadora (UNIVERSAL 32R)
Balança digital (Kern PB)
Micropipeta de 1000µL
Cuvettes
Estufa
Espectrofotómetro (Shimadzu UV visible spectrophotometer 2100)

Reagentes

Tampão borato (pH 8,5)
Água destilada
Polpa de batata
Fenilalanina (100mM)
PVPP (polivinilpirrolidona)

Procedimento

1. Preparar a mistura juntando num tubo tipo eppendorf:
 - 650 mg de polpa de batata previamente triturada em azoto líquido e congelada a -80°C
 - 1300 µL de tampão borato (pH 8,5)
 - 65 mg de PVPP
2. Colocar o tubo em gelo de modo a desacelerar as reações passíveis de começarem a ocorrer devido à exposição à temperatura ambiente.
3. Colocar o tubo a centrifugar (centrifugadora UNVERSAL 32 R) durante 20 minutos a 13000 rpm a 4°C.
4. Pipetar o sobrenadante para outro tubo tipo eppendorf (pode usar-se uma pipeta P200 e tirar em várias vezes a solução). Colocar o novo tubo no gelo.
5. Preparar a amostra controlo da PAL e o extrato final para análise:

Amostra controlo	Extrato para análise
1mL de tampão borato (pH 8,5) 0,05M 110 µL de fenilalanina	1mL da mistura obtida 110 µL de fenilalanina

6. Passar as soluções para as cuvettes de modo a ser possível realizar a leitura no espectrofotómetro nos 290 nm. As leituras deverão ser feitas aos 0 minutos, ao fim de 2/3 minutos e finalmente, após 40 minutos de incubação a 40°C dentro da estufa.

Preparação da fenilalanina 100mM (0,1 M)

Massa molar da fenilalanina = 165,19 g/mol

Pesar 16,5 mg de fenilalanina (pó) na balança e misturar com 1 mL de água destilada esterilizada num tubo tipo eppendorf, para fazer uma solução a ser usada nas reações acima descritas.

Preparação do tampão borato pH 8,5, 50mM (0,05 M)

Massa molar do tetraborato (1 M) = 381,37 g/mol

Tetraborato ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$)

Para preparar uma solução com um volume de 100 mL, é necessário pesar 1,9g de tetraborato, de modo a fazer uma solução de concentração 50mM. Os 1,9 g desse composto são diluídos em 50 ml de água. Como o pH deve ser 8,5, é necessário ainda acertá-lo com ácido, uma vez que se encontrava mais alto que esse valor. Para isso, utiliza-se o potenciômetro, e foi necessário adicionar ácido clorídrico (HCl) até à leitura do pH atingir o valor 8,5 que era desejado. Para o volume chegar aos 100 mL, foi adicionada água destilada num balão volumétrico. Assim obteve-se a solução de tampão borato, que foi utilizada para as análises das amostras de batata.

Anexo 5 – Protocolo para análise da atividade da PPO

Material

Tubos tipo eppendorf
Centrifugadora (UNIVERSAL 32R)
Balança digital (Kern PB)
Micropipeta de 1000µL
Cuvettes
Espectrofotómetro (Shimadzu UV visible spectrophotometer 2100)

Reagentes

PVPP
Tampão sódio-fosfato (pH 6)
Água destilada
Polpa de batata
Catecol

Procedimento

1. Preparar a mistura juntando num tubo eppendorf:
 - 250 mg de polpa de batata previamente triturada em azoto líquido e congelada a -80°C
 - 500 µL de tampão sódio-fosfato (pH 6) 0,05M
 - 25 mg de PVPP
2. Colocar o tubo em gelo de modo a desacelerar as reações passíveis de começarem a ocorrer devido à exposição à temperatura ambiente.
3. Colocar o tubo a centrifugar (centrifugadora UNVERSAL 32 R) durante 20 minutos a 13000 rpm, a 4°C .
4. Pipetar o sobrenadante para outro tubo tipo eppendorf (pode usar-se uma pipeta P200 e tirar em várias vezes a solução). Colocar o novo tubo no gelo.
5. Preparar a amostra controlo da PPO e o extrato final para análise:

Amostra controle	Extrato para análise
975 µL de tampão sódio-fosfato (pH 6) 0,05M 250 µL de catecol	250 µL de mistura 725 µL de tampão sódio-fosfato (pH 6) 0,05M 250 µL de catecol

6. Passar as soluções para as cuvettes de modo a ser possível realizar a leitura no espectrofotômetro nos 546nm. As leituras deverão ser feitas durante 1 hora, sendo que nos primeiros 10 minutos, de minuto a minuto, e a partir do 10º minuto, de 10 em 10 minutos.

Preparação do catecol

Massa molar do catecol = 110,11 g/mol

Catecol (C₆H₆O₂) 100mM (0,1 M)

Pesar 11 mg de catecol na balança e misturar 1 mL de água destilada esterilizada num tubo tipo eppendorf, para fazer uma solução a ser usada nas reações acima descritas.

Preparação do tampão sódio-fosfato pH 6, 50mM (0,05 M)

Massa molar do NaH₂PO₄·H₂O = 138 g/mol

Massa molar do Na₂HPO₄ = 120 g/mol

Para preparar uma solução de tampão sódio-fosfato é necessário efetuar uma mistura de dihidrogenofosfato de sódio mono-hidratado (NaH₂PO₄·H₂O) com hidrogenofosfato dissódico (Na₂HPO₄). Para fazer uma solução com um volume de 5 mL do tampão pH 6, 50 mM, foram utilizados 220 µL de NaH₂PO₄·H₂O + 30µL de Na₂HPO₄ + 4,750 mL de água.

Anexo 6 - Protocolo para a quantificação dos açúcares redutores

Material

Tubos tipo eppendorf
Centrifugadora (Mikro 20)
Gobelet
Placa de aquecimento
Gelo
Balança digital (Kern PB)
Espectrofotômetro (Shimadzu UV visible spectrophotometer 2100)

Reagentes

Ácido D-glucurônico
2-cianoacetamida
Tampão borato (pH 9)
Água destilada
Polpa de batata
Cuvettes

Procedimento

1. Efetuar uma curva padrão para o ácido D-glucurónico

Na Figura 53 apresenta-se a curva de calibração com ácido D-glucurónico como padrão, obtida pelo método da 2-cianoacetamida, que estava previamente feita. A equação da reta do gráfico é $y = 0,0018x + 0,037$.

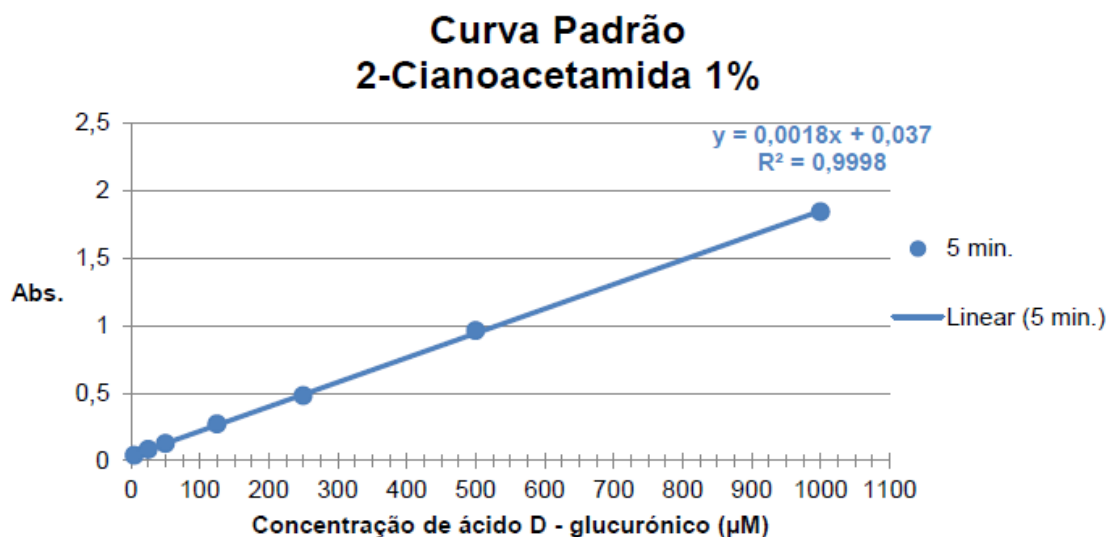


Figura 53 - Curva padrão com soluções de concentração conhecida de ácido D-glucurónico obtido através da reação com 2-cianoacetamida a 1% (Lourenço, 2014).

2. Procedimento para a quantificação dos açúcares

2.1. Preparar o extrato, que consiste em realizar a mistura de 250 mg de polpa de batata previamente moída em azoto líquido e conservada a -80°C , com $500\mu\text{L}$ de água, dentro de um tubo tipo eppendorf.

2.2. Centrifugar o extrato durante 5 minutos a 13000 rpm, numa centrifugadora (MIKRO 20) e pipetar para um novo tubo tipo eppendorf o sobrenadante obtido.

2.3. Preparar a mistura e o controlo da reação:

Controlo da reação	Mistura
<ul style="list-style-type: none">• $250\mu\text{L}$ de água• $250\mu\text{L}$ de cianoacetamida• $500\mu\text{L}$ de tampão borato (pH 9)	<ul style="list-style-type: none">• $250\mu\text{L}$ do extrato• $250\mu\text{L}$ de cianoacetamida• $500\mu\text{L}$ de tampão borato (pH 9)

2.4. Colocar os dois tubos tipo eppendorf, contendo respetivamente a mistura e o controlo, dentro de um gobelet com água a ferver (100°C , durante 5 minutos). Antes de os colocar na água, é essencial fazer-lhes um furo na tampa com uma agulha, para evitar variações de pressão. É também essencial inserir os tubos numa estrutura capaz de flutuar (esferovite), de modo a que a água não entre nos tubos.

2.5. Os tubos deverão ser imediatamente arrefecidos em gelo durante 30 segundos.

2.6. As soluções obtidas deverão então ser pipetadas para as cuvettes, de modo a ser feita a sua leitura no espectrofotómetro a 274 nm.

Preparação da 2-cianoacetamida

Para uma solução com um volume de 5 mL, diluiu-se 50 mg de 2-cianoacetamida (pó), em 5 mL de água.

Preparação do tampão borato pH 9,0

A solução já se encontrava preparada

Anexo 7 – Microscopia ótica para medição de área, perímetro e alongamento das células de diferentes secções das batatas

Material

4 batatas

Faca

Bisturi

Vidros de Relógio

Água destilada

Lâminas

Lamelas

Etanol 50%

Microscópio ótico (Leika)

Computador (com software LAS - Leica Application Suite)

Corantes:

- Azul de toluidina
- Sudão IV

Procedimento para análise de polpa

1. Cortar uma “fatia” de batata, da sua zona central, com cerca de 1 cm de espessura. Depois, cortar novamente ao meio essa secção, de modo a facilitar os cortes do passo seguinte.
2. Com o bisturi retirar cuidadosamente, uma fina película de polpa de batata da região exterior ao anel vascular (entre a casca e o anel), da região imediatamente interior ao anel e da região da medula.
3. Colocar as películas de polpa em água destilada, num vidro de relógio e em seguida colocá-las numa lâmina.

4. Com uma pipeta de Pasteur de plástico, deitar algumas gotas do corante azul de toluidina em cima da amostra, de modo a cobri-la totalmente, e deixar a corar durante 5 minutos. Em seguida, lavar bem a amostra com água destilada, e cobrir com uma lamela antes de observar ao microscópio ótico.
5. Colocar a lâmina no microscópio e observar as células da batata com diferentes ampliações.
6. Para efetuar as medições das áreas, perímetros e alongamentos das diferentes células, utilizar uma câmara de microscópio (Leika) que se encaixa no microscópio ótico e que permite a visualização da amostra preparada, no ecrã do computador. Com o software LAS, efetuar medições das áreas, perímetros e alongamentos das células, recorrendo a uma caneta eletrónica e ao rato do computador (Figura 54).

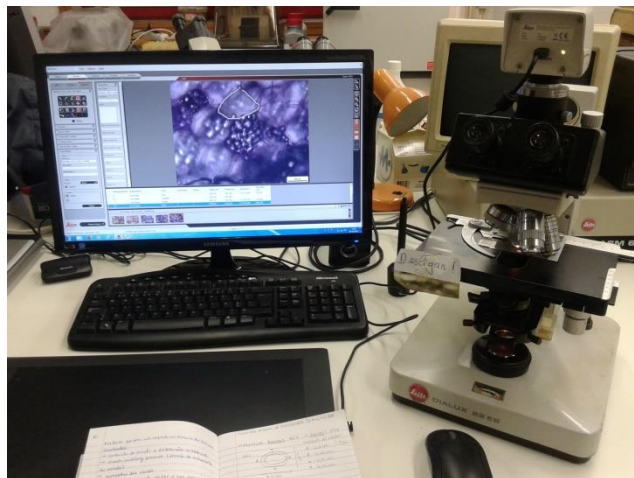


Figura 54 – Visualização de células da polpa de batata cv. Monalisa, com recurso a um microscópio ótico. A imagem obtida, encontra-se projetada num computador, que inclui um software que permite a realização de medições das células.

Procedimento para análise de casca

O procedimento efetuado para observação das células da epiderme foi semelhante ao da polpa, tendo sido cortados pedaços de casca (muito finos) e colocados em lâminas. Em seguida foi utilizado o corante Sudão IV (de cor alaranjada), que se deixou atuar durante 20 minutos. De seguida, o excesso foi lavado com etanol (50%). Foi colocada uma lamela, e foram feitas as observações.

Anexo 8 – Análises de NIR (infravermelho próximo)

Material

16 batatas (8 batatas colhidas a 14 de julho e
8 batatas colhidas a 25 de agosto)
Faca
Estufa
Papel de alumínio
Moinho de café
Almofariz

Crivo
Papel vegetal
Pincel
Aspirador
Frascos de Bruker
Aparelho FT-NIR MPA da Bruker
Computador (com software OPUS)

Procedimento

1. Descascar as batatas com uma faca, retirando cuidadosamente a casca de modo a não deixar parte da polpa agarrada.
2. Separar a parte exterior ao anel vascular da parte interior ao anel vascular, cortando com a faca.

3. Fatiar separadamente polpa da parte exterior e da parte interior ao anel vascular da batata e distribuir as fatias em pedaços de papel de alumínio (de modo a que as fatias não fiquem sobrepostas). Em seguida colocar tudo dentro da estufa a secar a 65°C durante 2 dias.
4. Retirar as amostras da estufa e triturar as fatias num moinho de café até estarem transformadas num pó fino. Para homogeneizar a granulometria do pó, passar as amostras num crivo e triturar num almofariz as partículas mais grossas.
5. Colocar as amostras já trituradas em frascos de Bruker, num tabuleiro sem fechar as tampas.
6. Colocar os frascos sem as tampas, num tabuleiro a secar dentro duma estufa, à temperatura controlada de 22°C e humidade relativa de 50% (durante uma noite). No dia seguinte efetuar as leituras dos espectros e ver os resultados. Neste caso foi necessário efetuar uma nova secagem.
7. Colocar o tabuleiro a secar dentro duma estufa, à temperatura controlada de 60°C (durante uma noite). No dia seguinte retirar as amostras da estufa e colocá-las cerca de 2 horas dentro de um dessecador a vácuo, para evitar ganhos de humidade do ar enquanto arrefecem à temperatura ambiente.
8. Para efetuar as leituras no espectrofotómetro FT-NIR MPA da Bruker (Figura 55), os frascos devem ser retirados um a um do dessecador, e devem ser suavemente sacudidos para que as partículas de pó se separem umas das outras e se soltem das paredes. Em seguida deve bater-se com o frasco na vertical, numa superfície lisa, para que o pó fique novamente compactado no fundo do frasco. O fundo deve ser limpo com um papel, para não afetar o modo como a luz do aparelho que é projetada no fundo do frasco, é dissipada durante a leitura. Cada frasco é então colocado na ranhura do aparelho e são feitas duas leituras por cada amostra, sendo então obtido dois espectros (compostos cada um por 100 scans), para cada amostra.



Figura 55 - Leituras do pó de batata, no espectrofotómetro FT-NIR MPA da Bruker.

Anexo 9 – Análises de FTIR (infravermelho médio)

Material

16 batatas (8 batatas colhidas a 14 de julho e

8 batatas colhidas a 25 de agosto)

Faca

Estufa

Papel de alumínio

Moinho de café

Almofariz

Crivo

Papel vegetal

Pincel

Aspirador

Frascos de Bruker

Aparelho PLATINUM-ATR da Bruker

Computador (com software OPUS)

Procedimento

1. Descascar as batatas com uma faca, retirando cuidadosamente a casca de modo a não deixar parte da polpa agarrada. Em seguida, separar a parte exterior ao anel vascular da parte interior ao anel com a faca, e fatiar separadamente as duas partes dispondo-as em pedaços de papel de alumínio (de modo a que as fatias não fiquem sobrepostas). Em seguida colocar tudo dentro da estufa a secar a 65°C durante 2 dias.
2. Triturar as fatias secas num moinho de café, até estarem transformadas num pó fino. Para homogeneizar a granulometria do pó, passar as amostras num crivo e triturar num almofariz as partículas mais grossas.

Com uma espátula, retirar uma quantidade de pó suficiente para realizar as leituras no aparelho PLATINUM-ATR da Bruker (Figura 56). Para isso pressionar o pó com o aplicador de pressão rotativo, antes de fazer a leitura do espectro. É feita apenas uma leitura por cada amostra, sendo obtido um espectro, composto por 24 scans.



Figura 56 - Leituras do pó das duas secções das 16 batatas, no aparelho PLATINUM-ATR da Bruker.

Anexo 10 – Processamento mínimo das amostras de batata

Material:

9 batatas colhidas no dia 14 de julho de 2015
9 batatas colhidas no dia 25 de agosto de 2015
Embalagens de poliamida e polietileno, sem perfuração
Descascador abrasivo elétrico
Recipientes com volume de 5 litros
Metabissulfito de sódio (pó)
Balança
Máquina de selar, com execução de vácuo
Fontes de aquecimento

Procedimento:

1. Selecionar 9 batatas colhidas a 14 de julho e agrupá-las em 3 grupos de 3. Repetir o mesmo para as batatas colhidas a 25 de agosto (Figura 57).



Figura 57 – 18 batatas colhidas no dia 14 de Julho de 2015 (à esquerda) e 18 batatas colhidas a 25 de Agosto (à direita).

2. Fazer uma primeira lavagem com água. Em seguida descascar as batatas com o descascador elétrico abrasivo, tal como se pode ver na Figura 58.



Figura 58 – Batatas lavadas apenas com água; descasque das batatas com descascador abrasivo elétrico; aspeto de quatro batatas depois de descascadas.

3. Preparar uma solução de desinfecção para os tubérculos, com metabissulfito, numa concentração de 5%. Para isso pesaram-se 250 g do pó, que foram diluídos em 5 litros de água destilada.
4. Mergulhar os tubérculos de cada data de colheita, em dois recipientes separados, com solução de desinfecção, durante aproximadamente 15 minutos.
5. Escorrer a solução em excesso, e proceder ao embalamento, colocando conjuntos de 3 batatas da mesma data dentro do pacote e selando na máquina, com vácuo (Figura 59).



Figura 59 – Máquina de selar; embalagem no interior da máquina, com 3 batatas no seu interior; aspeto final da embalagem.

6. Identificar as embalagens e colocá-las em câmara frigorífica a 4°C.
7. Passado 9 dias a partir do dia do embalamento, proceder à cozedura das batatas. Colocar conjuntos de 3 batatas de cada pacote dentro de gobelets com 800 mL de água, durante 25 minutos a cozer. Depois retirar as batatas cozidas para tabuleiros de modo a arrefecerem.
8. Analisar visualmente a textura das batatas, ao longo do seu arrefecimento.
9. Centrifugar a água de cozedura das batatas até obter apenas uma suspensão de partículas de batata, e colocar a mesma a secar numa estufa durante 2 dias. Depois, pesar o pó obtido após a secagem.