



CATÓLICA

UNIVERSIDADE CATÓLICA PORTUGUESA | PORTO
Escola Superior de Biotecnologia

ALTERAÇÃO DA COMPOSIÇÃO DO AROMA DO COENTRO DESDE DA SUA COLHEITA
ATÉ AO PRODUTO FINAL EMBALADO E COMPARAÇÃO COM DIFERENTES
VARIETADES DE COENTRO

Relatório de Estágio apresentado à Escola Superior de Biotecnologia da Universidade
Católica Portuguesa para obtenção do grau de Mestre em Biotecnologia e Inovação

Por: Lílíana Sofia Gomes Alves

Local: Vitacress

Orientador: Diretor Jason Cassar de Sain

Coorientação: Professora Doutora Maria Manuela Estevez Pintado

2016

Resumo

Devido ao crescente interesse do consumidor por alimentos de origem natural, as ervas aromáticas estão a revelar-se uma opção de sucesso no mercado de produtos de IV Gama, pois são produtos notórios pela sua conveniência e sabor.

De entre as várias ervas aromáticas existentes no mercado, o coentro detém a maior área de produção para comercialização em verde, sendo a espécie dominante em território português, ocupando uma área de 17,14 ha.

O coentro é uma erva anual que pertence à família *Umbelliferae*, que possui uma riqueza em metabolitos secundários e incorpora um variado leque de compostos com um alto valor económico e medicinal (incluindo óleos essenciais).

No âmbito da importância do coentro no mercado nacional, este trabalho teve como objetivo focar os compostos aromáticos da espécie *Coriandrum sativum L.*, desde a sua colheita até ao produto final. Paralelamente, também foi conduzido um estudo para analisar o comportamento dos compostos aromáticos no tempo de prateleira do produto.

Um total de 21 compostos foram identificados no aroma dos coentros, utilizando dois métodos de cromatografia gasosa (GC-SPME e GC-SPME-MS), na conjugação dos resultados referentes às amostragens das duas quintas analisadas. O aroma presente na folha do coentro possui uma percentagem maior de aldeídos alifáticos, seguido de álcoois de cadeia longa, o que está de acordo com diversos estudos científicos.

As condições da quinta da B e a época do ciclo de produção do verão, são mais favoráveis a desenvolver e manter o aroma ao longo do tempo de prateleira do produto não lavado embalado. Em relação à quinta A, as condições e a época do ciclo de produção de primavera são mais favoráveis, no que toca ao produto lavado embalado, uma vez que a perda dos compostos identificados no GC-SPME é menor, em comparação com a quinta da B. No entanto, estes resultados obtidos no produto lavado podem estar relacionados com a libertação dos compostos ocorrerem em momentos distintos, ou seja, a quinta A liberta os compostos antecipadamente, o que em conjugação com o processo de lavagem, permanecem mais tempo, sendo menor a perda de compostos. Por outro lado, a quinta da B liberta os seus compostos tardiamente.

Do ponto de vista comercial, e de acordo com as necessidades do consumidor atual, poderá promover-se a identificação do aroma do produto final na embalagem pelo consumidor, desenvolvendo uma etiqueta que contenha óleo essencial do coentro (constituído pelos principais compostos, como o (E)-2-tetradecenal e o decanal), de modo a empregar o cheiro característico do coentro, apelando à compra do produto por parte do consumidor.

Abstract

Due to the growing consumer interest in fresh foods, herbs are proving to be a popular choice in the market for ready-to-eat products, often chosen for convenience and taste.

Among the different herbs existing in the market, coriander (*Coriandrum Sativum L.*) is the most widely produced in Portugal, occupying an area of 17.14 ha.

Coriander is an annual herb belonging to *Umbelliferae* family, which has a wealth of secondary metabolites of high economical and medicinal value (including essential oils).

Considering the importance of coriander in the national market, the focus of this study was on the aromatic compounds of *C. sativum L.* from the point of harvest through processing to the final product. At the same time, a study was conducted to analyse the behaviour of aromatic compounds in the product shelf-life.

A total of 21 compounds were identified in the aroma of coriander in the samples from both farms, using two methods of gas chromatography. The majority of compounds in coriander leaf were aliphatic aldehydes, followed by long-chain alcohols, in agreement with other scientific studies.

The conditions and production time cycle during summer season of B farm are more suited to the development and maintenance of the aroma during shelf-life of the final unwashed product. The conditions and production time cycle during spring season of A farm proved to be better for the washed product, with the loss of the compounds identified by GC-SPME being minor, in comparison to B farm. However, the results obtained in the washed product may be due to the release of compounds occurring at different times, with the A farm produce releasing compounds at an earlier stage, exhibiting minor loss of compounds after processing. Meanwhile, the B farm product releases its compounds later.

From a commercial point of view, and according to consumer needs, the identification of aromatic compounds in the final product package may be advertised with the introduction of a label stating that the product contains coriander essential oils (containing the main compounds, such as (E)-2-tetradecenal and decanal), which improve the aromatic characteristic of coriander, which is an appealing trait to the consumer.

Agradecimentos

Em primeiro lugar, não posso deixar de agradecer ao meu orientador Jason Cassar de Sain pela oportunidade que me concedeu ao estagiar na Empresa Vitacress, e pela minha integração no ceio do departamento Técnico da empresa.

À professora Manuela Pintado por todo o apoio, dedicação e ajuda durante os meses de estágio, e também pela simpatia, e por me ter possibilitado o estágio na Empresa Vitacress.

A toda a Equipa da Vitacress, por me receberem tão amavelmente na equipa, com um espírito de suporte, apoio e ajuda no decorrer do estágio. À Arminda Almeida e Carlos Calado um agradecimento especial.

À minha familota, tão especial, que me ajudou a ultrapassar todas as dificuldades e pela grande amizade que sempre nos uniu. À Mónica Figueiredo um agradecimento especial;

Aos meus pais, por me terem dado a oportunidade de tirar um mestrado e por todo o incentivo, força e carinho, em todos os momentos.

Índice

Resumo.....	1
Abstract	3
Agradecimentos.....	5
1. Introdução.....	9
1.1 Plantas Aromáticas	10
1.1.1 Importância das plantas aromáticas na Indústria Alimentar	14
1.1.2. Caracterização dos compostos aromáticos	13
1.2 Coriandrum sativum L.....	15
1.2.1 Caracterização Botânica	15
1.2.2. Propriedades e usos do coentro	18
1.2.3 Cultivo do Coentro	20
1.2.4 Composição do Aroma do Coentro	22
2. Caracterização da Empresa	25
3. Objetivos do trabalho	27
4. Materiais e Métodos	29
4.1 Desenvolvimento Experimental	29
4.1.1 Preparação das Amostras.....	29
5.2.2 Análise por cromatografia GC-SPME.....	29
4.1.3 Análise Cromatografia GC-SPME-MS	30
4.2 Atividades de Integração na Empresa	31
4.2.1 Atividades de Campo	31
4.2.2 Atividades de Fábrica	31
5. Resultados/Discussão	33
5.1 Identificação dos compostos presentes no Aroma do coentro.....	33
5.2 Impacto do processo de produção no Aroma do coentro	36
5.2.1 Impacto da lavagem no aroma do coentro.....	36
5.2.2 Análise ao aroma do produto não lavado	44
5.2.3 Impacto do processamento entre produto lavado e não lavado	47

5.3	Comparação do processo de produção do produto lavado com o produto final da concorrência	48
5.4	Análise do aroma de 3 variedades de coentro	50
6.	Conclusão	55
7.	Perspetivas Futuras.....	59
8.	Referências Bibliográficas	61
	Apêndices	73

1. Introdução

As plantas aromáticas, também conhecidas por ervas e especiarias, têm provocado alterações no rumo da história e economia mundial, com impacto em várias áreas, desde da Medicina até à Indústria Alimentar, devido às suas propriedades de conservação e medicinais. De acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO), cerca de 85 a 90% da população mundial consome ervas medicinais tradicionais (Sharma & Sharma, 2004; Christaki *et al*, 2012; Sujatha *et al*, 2014).

De acordo com Sharma & Sharma (2004), as ervas aromáticas e especiarias apresentam um elevado interesse para população mundial, como ingrediente alimentar, na Medicina, na Cosmética e ainda como plantas de jardim. Estas são utilizadas na Indústria Alimentar para administrar sabor, pungência e cor na refeição. Ainda é de referir que estas ervas aromáticas conduzem a efeitos indiretos na saúde humana, tais como redução no consumo de sal e açúcar, melhorando o sabor e prevenindo a deterioração do alimento.

Devido ao crescente interesse do consumidor por alimentos com origem natural, as ervas aromáticas estão a revelar-se uma opção de sucesso no mercado de produtos de IV Gama, pois são produtos notórios pela sua conveniência e sabor. Eles são minimamente processados (lavados, cortados e embalados com controlo de temperatura), de modo a assegurar e garantir a frescura, textura e a uniformidade da sua cor verde por longos períodos. Uma clara vantagem deste tipo de produto, quando devidamente embalados, é a retenção de uma maior proporção de aroma, em comparação com as ervas aromáticas secas (especiarias) (Christaki *et al*, 2012; Santos *et al*, 2014; Curutchet *et al*, 2014).

Nos últimos anos, tem ocorrido um aumento da procura no mercado global por plantas aromáticas, visualizando-se nas últimas décadas um crescimento na taxa média de volume de ervas aromáticas para a indústria, apresentando uma taxa de crescimento anual na ordem dos 10% na Europa e nos EUA (Mills *et al*, 2008).

No que diz respeito ao mercado internacional das plantas aromáticas e medicinais (PAM), este é dominado pela China, Japão, cinco países Europeus (Itália, Alemanha, França, Espanha e Reino Unido) e Estados Unidos da América (EUA). É de realçar que o Japão exhibe o maior consumo *per capita* do mundo de medicamentos produzidos a partir destas plantas (Spencer, 2008).

Nos últimos anos, assistiu-se ao aparecimento de novas explorações dedicadas à produção de plantas aromáticas, medicinais e condimentares, em Portugal Continental, com predominância na zona costeira norte, centro e Alentejo (Gabinete de planeamento e Políticas, 2013).

De entre as várias ervas aromáticas existentes no mercado, o coentro detém a maior área de produção para comercialização em verde, sendo a espécie dominante em território português, ocupando uma área de 17,14 ha (Gabinete de planeamento e Políticas, 2013).

O coentro é uma erva anual que pertence à família *Umbelliferae*, que possui uma riqueza em metabolitos secundários e incorpora um variado leque de géneros com um alto valor económico e medicinal (incluindo óleos essenciais), sendo o seu aroma alvo de diversos estudos (Olle & Bender, 2010; Spencer, 2008; Mandal & Mandal, 2015).

Esta espécie é nativa do Este Mediterrâneo e Sul da Europa, sendo extensamente cultivada no Norte da África, Europa Central e Ásia. É de realçar para o facto da Índia se apresentar como o maior produtor de coentro e potencial exportador para países como EUA, União Europeia e Sudeste Asiático (Ahmed *et al*, 2004; Laribi *et al*, 2015; Ravi *et al*, 2007).

1.1 Plantas Aromáticas

As ervas aromáticas são descritas como plantas que produzem e exalam substâncias aromáticas, utilizadas na produção de perfumes, na Indústria Alimentar e Farmacêutica. Muitas plantas aromáticas pertencem às famílias *Lauraceae*, *Umbelliferae*, *Myrtaceae* e *Labiatae*. As diversas espécies de ervas aromáticas encontram-se espalhadas pelo mundo, no entanto a maioria tem origem Mediterrânea, como o tomilho e a hortelã (Medicinal & Aromatic Plants, *s.d.*; Christaki *et al*, 2012).

As plantas aromáticas, medicinais e condimentares abrangem uma quantidade de espécies quase ilimitadas, com múltiplas utilizações nas diversas indústrias, destacando-se a Indústria Farmacêutica, Química, Cosmética e Alimentar. Estas podem ser utilizadas diretamente ou transformadas das formas mais simples às mais elaboradas, como a da extração de substâncias ativas ou óleos essenciais (Christaki *et al*, 2012; Pande *et al*, 2010).

No mundo são reconhecidas cerca de 1500 espécies de plantas aromáticas, mas apenas pouco mais de trezentas foram alvo de pesquisas científicas. Além disso, refere-se que cerca de 50 espécies são utilizadas comercialmente como fonte de óleos essenciais e aromatizantes químicos (Joy *et al*, 2001).

No que diz respeito às características botânicas destas plantas, estas pertencem a várias famílias que compreendem um largo número de características similares, pois apresentam sistemas biosintéticos similares (Máthé, *s.d.*).

No decorrer dos últimos 30 anos as plantas aromáticas e medicinais têm recebido particular atenção por parte de agricultores e consumidores. A sua procura deve-se a diversos fatores, de entre os quais o aumento do interesse dos consumidores em produtos com origem natural, estes

que se preocupam cada vez mais com o seu bem-estar e saúde. Consequentemente os agricultores procuraram dar uma resposta a esta necessidade dos consumidores, aumentando a área cultivada de plantas aromáticas, em alternativa ao cultivo de espécies vegetais recorrentes e rotineiras (Gabinete de planeamento e Políticas, 2013; Christaki *et al*, 2012; Craker, 2007).

1.1.1 Importância das plantas aromáticas na Indústria Alimentar

As plantas aromáticas contêm compostos odoríferos, voláteis, hidrofóbicos e altamente concentrados designados de óleos essenciais. Estes são obtidos de diferentes partes da planta, tais como, flor, semente, fruto, folhas, entre outros. Estes óleos são utilizados em diversas indústrias, devido há multiplicidade de atividades que desempenham entre as quais, antimicrobiana, antioxidantes entre outras (Christaki *et al*, 2012).

O atributo aromático reconhecido a estas plantas advém do facto de ser uma característica presente nestas plantas, em que o aroma ocorre devido a uma variedade de compostos químicos complexos (Joy *et al*, 2001; Mathé, *s.d.*).

Atualmente, a exigência dos consumidores em reduzir ou eliminar aditivos sintetizados quimicamente tem aumentando, assim como o interesse na utilização de aditivos alimentares alternativos, provenientes de fontes naturais, de modo a prevenir o crescimento bacteriano e fúngico. As plantas representam uma alternativa viável aos aditivos químicos, representando uma fonte natural, contendo uma diversidade de compostos voláteis, dos quais alguns são importantes fatores na qualidade do sabor dos alimentos. Além disso, as plantas também podem ser utilizadas como fontes naturais quando se pretende uma melhoria no tempo de prateleira do produto ou na segurança do alimento (Lanciotti *et al*, 2004).

A presença destes compostos voláteis em produtos frescos tem contribuído para a segurança do alimento, devido à sua capacidade de inibir microrganismos e desta forma prolongar o tempo de prateleira do produto. Alguns destes compostos são produzidos pela lipoxigenase, que catalisa a oxigenação dos ácidos gordos, formando ácidos gordos hidroperóxidos. Estas moléculas atuam como substratos metabolizáveis importantes para a proteção da planta contra a proliferação de microrganismos em áreas da planta que se encontrem lesionadas. Destas

moléculas destacam-se os aldeídos e os álcoois relacionados, sendo produzidos pela ação de liases hidroperóxido, isomerases e desidrogenases (Lanciotti *et al*, 2004).

Apesar de ainda existir uma falta de conhecimento dos vários mecanismos de ação dos diferentes compostos das plantas aromáticas, estas apresentam várias propriedades com interesse para as diversas indústrias (Christaki *et al*, 2012).

Um grande número de plantas aromáticas, condimentares e medicinais exibem propriedades antioxidantes. Estes antioxidantes são do interesse da indústria alimentar, pois a presença de compostos fenólicos, retarda a degradação oxidativa dos lípidos, melhorando o valor nutritivo e qualidade do alimento. Refere-se ainda que a extração, caracterização e utilização de antioxidantes naturais podem servir para o combate da carcinogénese e do envelhecimento, no entanto, ainda se encontra em fase de investigação (Gulçin *et al*, 2007).

Recentemente, as indústrias alimentares utilizam estas plantas aromáticas em alimentos designados de funcionais e nutracêuticos. Estes alimentos são fortificados pela adição de um composto/ingrediente, adquirindo benefícios para a saúde do consumidor, para além da nutrição básica que o alimento fornece (Lubbe & Verpoorte, 2011).

Ultimamente, a sofisticação do consumidor tem vindo a aumentar, havendo uma resposta dos mercados a esta necessidade, com o melhoramento das técnicas analíticas na identificação de moléculas com impacto nas características do produto final. Isto envolve a combinação de cromatografia gasosa-olfatometria, análise sensorial e métodos de quantificação precisos. (Rowe, 2000; Parker, 2015).

Estudos anteriores utilizavam uma abordagem diferente, recorrendo à análise sensorial de produtos alimentares contendo compostos odoríferos ativos, o que não permitia a correlação entre os resultados obtidos das análises químicas com os resultados provenientes da avaliação sensorial dos alimentos (Sagawa, 2015).

De entre os diferentes métodos utilizados na análise ao aroma dos diversos alimentos, o procedimento referente à cromatografia gasosa providência uma resolução adequada, alta sensibilidade e uma separação eficiente dos diversos compostos presentes no alimento. Esta técnica analítica é utilizada no controlo de qualidade em vários laboratórios industriais na identificação e quantificação de compostos, por vezes presentes em quantidades inferiores. É de referir que uma diversidade de amostras pode ser analisada desde que os compostos sejam estáveis termicamente e moderadamente voláteis (Bacher, 2016; Zellner *et al*, 2012).

A cromatografia gasosa permite a separação de compostos voláteis presentes numa amostra, com base nas suas diferenças ao nível das estruturas moleculares e/ou composição. Esta técnica analítica consiste num método físico de separação dos componentes, envolvendo duas fases -

móvel e estacionária. Os compostos presentes na amostra são arrastados pela fase móvel (gás) ao longo da coluna (fase estacionária), ocorrendo a migração dos vários compostos que compõem a amostra, de acordo com o seu peso molecular e composição (Zellner *et al*, 2012).

1.1.2. Caracterização dos compostos aromáticos

Embora a população aceite um alimento de acordo com a sua aparência e textura, o sabor também se revelou uma característica com semelhante importância. Por exemplo, as especiarias são adicionadas à comida não só pelo seu valor nutricional, mas também pelo seu sabor e aroma (Surburg & Panten, 2006).

O aroma do alimento exibe várias funções: desde satisfazer a saciedade, alertar para alimentos considerados perigosos para o consumo humano (e.g. alimentos podres) e também proporcionar ligações emocionais aos alimentos (Parker, 2015).

Nos últimos anos observou-se um aumento de publicações relacionadas com o aroma, como demonstra a figura 1.1.

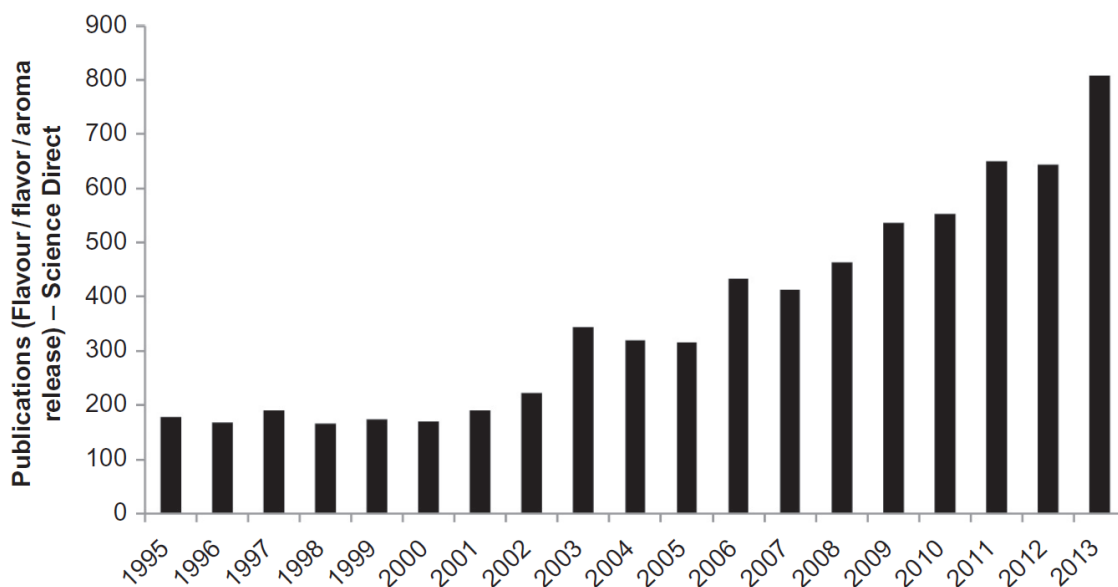


Figura 1.1. Publicações relacionadas com o aroma dos alimentos desde 1995 até 2013. Fonte: Fisk, 2015

De acordo com a literatura, o estudo do aroma dos diversos alimentos releva-se importante para o desenvolvimento de novos produtos, assim como para o aumento do tempo de prateleira de um produto e no auxílio a questões de segurança de produtos frutícolas minimamente processados (Sagawa, 2015.; Lanciotti *et al*, 2004). Para além disso, os compostos aromáticos desempenham um papel fundamental na produção de aromatizantes, que são utilizados na

indústria alimentar para a produção de sabores, melhorando e aumentando o aspeto visual e organolético do seu produto (Parthasarathy & Zachariah, 2008).

A complexidade da produção de alimentos combinada com a ampla gama de precursores, microquímicos locais, ambientes físicos e químicos resulta numa diversidade de aromas presentes em alimentos com propriedades químicas e físicas divergentes (Fisk, 2015).

Os compostos aromáticos ocorrem de um diverso leque de fontes: naturalmente isolados de materiais alimentares; reações que geram materiais; síntese de compostos químicos e de que são naturalmente produzidos através da clássica processabilidade dos alimentos (Fisk, 2015).

O sabor resulta de compostos provenientes de duas classes: aqueles que são responsáveis pelo gosto do alimento e os responsáveis pelo o odor, sendo estes mais tarde designados por substâncias responsáveis pelo aroma. Contudo, há compostos que providenciam ambas as sensações (Belitz *et al*, 2009).

Os compostos responsáveis pelo gosto do alimento são geralmente não voláteis à temperatura ambiente, o que permite apenas a sua interação com recetores localizados nas papilas gustativas da língua. Apenas existem quatro perceções básicas: azedo, doce, salgado e amargo (Belitz *et al*, 2009).

Os compostos que são responsáveis pelo aroma são altamente voláteis, de baixo peso molecular e estão presentes nos alimentos numa concentração reduzida. Estes compostos voláteis são responsáveis pela deteção e reconhecimento de diversos aromas em todo mundo, sendo que no caso de alimentos complexos confeccionados (e.g. carne), o número de compostos voláteis identificados ascende os 1000. As moléculas envolvidas são principalmente álcoois, aldeídos, ácidos carboxílicos, ácidos gordos, furanos, esterres, éteres, hidrocarbonatos, ketonas, lactonas, pirazinas e terpenos (Parker, 2015; Wylock *et al*, 2015).

As substâncias aromáticas são recebidas pelos recetores responsáveis pelo odor localizados no tecido olfativo da cavidade nasal. Eles atingem os recetores pelo nariz (deteção ortonasal), sendo posteriormente enviados através da garganta (deteção retronasal), após terem sido libertados pela mastigação. Um total de 7100 compostos voláteis são conhecidos e submetidos numa base de dados, sendo classificados de acordo com o alimento e classe de compostos. De entre os vários compostos voláteis identificados, apenas um número limitado é importante para o aroma. Estes compostos estão presentes no aroma do alimento em concentrações superiores aos limiares de odor. Contudo, quando presentes no alimento em concentrações inferiores aos limiares de odor, estes também contribuem para o aroma quando a mistura entre eles excede os limiares de odor (Belitz *et al*, 2009).

Por vezes determinados compostos são responsáveis pelo o aroma ou sabor característico de um alimento, no entanto, o mesmo composto pode ser responsável por um odor desagradável noutra alimento, resultando numa perda de aroma (Belitz *et al*, 2009).

Por vezes, um *off flavor* poderá surgir na presença de uma substância aromática desconhecida, que normalmente não se encontra no alimento, pela perda dos compostos odorantes ou alterações na taxa de concentração de uma substância aromática individual. A figura 1.2 descreve as possíveis causas de ocorrer deformidades ao nível do aroma num alimento (Belitz *et al*, 2009).

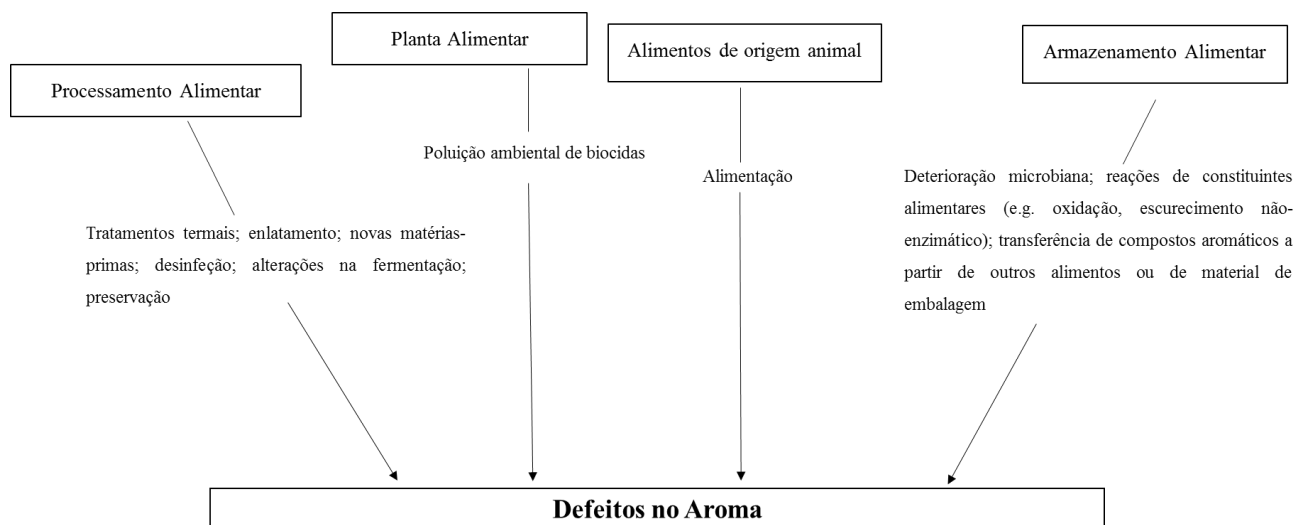


Figura 1.2. Causas dos defeitos no aroma dos alimentos. Fonte: (Belitz *et al*, 2009).

No entanto, a principal causa para a ocorrência de *off flavours* advém da oxidação lipídica que ocorre nos alimentos, existindo diversos mecanismos para a oxidação dos lípidos. É de referir também que os *off flavours* são resultantes de vários compostos, entre os quais aldeídos, cetonas, lactonas, ácidos carboxílicos, álcoois e hidrocarbonetos (Ridgway *et al*, 2010).

1.2 *Coriandrum sativum L.*

1.2.1 Caracterização Botânica

A espécie *Coriandrum sativum L.* é nativa do Este Mediterrâneo e Sul da Europa, sendo extensamente cultivada no Norte da África, Europa Central e Ásia (Ahmed *et al*, 2004; Laribi *et al*, 2015; Ravi *et al*, 2007).

Como já foi referido anteriormente, esta espécie pertence à família *Umbelliferae*, apresentando-se como uma cultura anual, com crescimento na época de inverno e verão, dependendo das

condições climáticas. Exibe também uma germinação epigal, em que o hipocótilo é o primeiro a alongar elevando o cotilédono e as primeiras folhas para o exterior (Dias, 2011; Diederichsen, 1996).

O *Coriandrum Sativum L.* é uma erva ereta com um caule pronunciado, ramificado (por vezes com várias ramificações laterais no nó basal), que pode apresentar uma altura entre os 20-70 cm, variando consoante a variedade. É de referir que cada ramo termina com uma inflorescência. A cor da haste é verde, no entanto, por vezes, torna-se vermelho ou violeta durante o período de floração. A planta adulta apresenta uma haste oca e as suas partes basais podem alcançar os dois centímetros de diâmetro. No que diz respeito às folhas alternadas, é frequente as primeiras formarem uma roseta. O coentro manifesta folhas inferiores arredondadas e lobuladas, enquanto as folhas superiores são divididas em segmentos estreitos e laçados (Ahmed *et al*, 2004; Diederichsen, 1996; Mandal & Mandal, 2015; Sharma & Sharma, 2004; Spencer, 2008). O coentro é considerado uma planta diversificada, pois manifesta diversos tipos de folha, como se pode verificar na figura 1.3.



Figura 1.3. Heterofilia do coentro: (a) folha basal longa; (b,c) folha localizadas a meio do caule; (d) folha superior.
Fonte: Diederichsen, 1996

Esta espécie apresenta uma cor verde ou verde-claro, em que a parte inferior da folha e caule exibem um aspeto brilhante. As primeiras folhas a surgirem são as folhas basais formando uma espécie de roseta, divididas em três lóbulos. Os frutos desta espécie, designados por sementes, apresentam uma forma oval ou globular com um diâmetro de seis milímetros, ostentando no

centro do fruto o carpóforo e, na parte convexa interior dois canais longitudinais, que contêm o óleo essencial do fruto maduro (Dias, 2011; Diederichsen, 1996).

Contudo, tem de se ter em atenção ao alto nível de variação intraespecífica que ocorre nesta espécie, estando envolvidos caracteres ou traços que influenciam largamente o seu interesse agronómico e económico, como o conteúdo do óleo essencial e a sua composição (Dias, 2011; Diederichsen, 1996).

Esta erva aromática manifesta um elevado interesse biotecnológico pelas suas características fenotípicas, biológicas e fisiológicas, sendo importantes em áreas como a Medicina e Indústrias Alimentares e Cosmética. É de referir também que o coentro é um ótimo candidato em programas de melhoramento (Dias, 2011).

Existem duas espécies do género *Coriandrum L.*, ambas são nativas da região do Este Mediterrâneo, sendo designadas de *C. sativum L.* e *C. sativum*. O *C. sativum L.* é cultivado e designado de coentro e o *C. sativum* exibe uma maior divisão das folhas e um odor forte. Ao nível comercial, o coentro existe em duas categorias: *C. sativum L. var. microcarpum DC.* que possui um fruto com diâmetro de 1,5-3 mm e o *C. sativum L. var. vulgare Alef.* que apresenta um fruto de diâmetro 3-5 mm. Para além da diferença existente nos tamanhos do fruto, estas duas espécies diferem também quanto à quantidade de óleo essencial presente na sua constituição, sendo que a espécie *C. sativum L. var. vulgare Alef.* apresenta 0.1–0.35% de óleo essencial e a *microcarpum* por sua vez 0,8-1,8% (Shavandi *et al, s.d.*; Kiralan *et al, 2009*).

Refere-se ainda a existência de coentro selvagem, *Eryngium foetidum L.*, nativo da América tropical, exibindo um aroma intenso, sendo utilizado juntamente com o *C. sativum* na culinária. Esta espécie também apresenta crescimento na Índia, China, Sudeste Asiático e Oeste Africano (Eyres *et al, 2005*).

Como referido anteriormente, esta erva aromática é cultivada em diversas partes do mundo, apresentando diferenças quer do ponto de vista agronómico, ao nível do tamanho do fruto, como também ao nível da sua composição em óleos essenciais. No que diz respeito, ao coentro de origem Europeia, segundo Parthasarathy *et al (2008)*, estes possuem frutos pequenos e um conteúdo de óleo volátil superior a 0,4%, enquanto que o coentro produzido em algumas culturas da Rússia exibe valores mais elevados de óleos voláteis, em comparação com outras culturas mundiais. A cultura de coentro de Marrocos e Índia geralmente apresenta frutos grandes com uma configuração oval e os seus óleos voláteis são inferiores a 0,4%.

Além desta variação ao nível dos óleos voláteis e dimensão dos frutos, as diferentes culturas internacionais também divergem quanto às características organoléticas. Parthasarathy & Zachariah (2008) afirma que as características organoléticas dos coentros indianos e

marroquinos são inferiores às variedades europeias de coentro e que o tempero tradicional russo é considerado o melhor.

É de realçar para o facto de as folhas de coentro possuírem valores de óleos essenciais inferiores aos frutos do coentro. As folhas do *C. sativum* do Bangladesh contém 0,1% de óleos essenciais e, na Tunísia, as folhas secas contêm 0,12% (Mandal & Mandal, 2015).

1.2.2. *Propriedades e usos do coentro*

A utilidade do coentro é explorada há décadas desde a Medicina à Culinária. Durante a industrialização, os compostos químicos específicos do coentro eram reconhecidos e identificados, sendo utilizados como matéria-prima na indústria e conseqüentemente no seu processo (Diederichsen, 1996).

Os coentros são conhecidos pelo seu sabor intenso, propriedades medicinais e qualidades nutricionais. A nível nutricional, a sua folhagem verde é composta por proteínas, minerais (como cálcio, fosforo e ferro), fibras, hidratos de carbono e vitaminas, das quais destaca-se a vitamina C, A e B₂ (Divya *et al*, 2014; Mandal & Mandal, 2015).

No mundo da culinária, os coentros são utilizados na confeção de caris (25 a 40% da produção mundial) na Índia, assim como em licores na Rússia e Escandinávia e também na produção de gins. Esta planta aromática, quando jovem, é utilizada para a preparação molhos, sopas e temperos e também para a aromatização em biscoitos e bolos. É de realçar que em algumas zonas da China, a raiz do coentro é utilizada como vegetal, contudo a nível internacional não tem qualquer valor comercial. Para além da cozinha Indiana, o coentro também se revela um ingrediente importante em outras cozinhas, em particular, a cozinha vietnamita e Thai (Olle & Bender, 2010; Spencer, 2008; Mandal & Mandal, 2015; Laribi *et al*, 2015).

Em Portugal, estudos etnobotânicos realizados no Alentejo relevam que o coentro (folhas e caules tenros) é utilizado pelo menos uma vez por semana como condimento de açordas, peixe, carne e leguminosas (Póvoa *et al*, 2014).

Atualmente, com o aumento do interesse da população em temas como a saúde e alimentação, sucederam-se renovações na dieta humana, causando novas tendências de dietas, tais como a incorporação de folhas de coentros em saladas, devido ao seu alto teor em vitaminas e fibras (Kamat *et al*, 2003).

Desde os tempos ancestrais que o coentro tem sido reconhecido mundialmente pelas suas características medicinais, sendo comumente empregado na medicina doméstica, ao nível do sistema digestivo - no tratamento da flatulência, diarreia e cólicas. Na medicina tradicional indiana, o coentro não só é utilizado para desordens digestivas como também para o sistema

respiratório e urinário, atuando como diaforético, diurético e carminativo. Na Turquia, a infusão de sementes é utilizada como agente digestivo e para aumentar o apetite. Em alguns países como Arábia Saudita, Marrocos e Jordânia, esta infusão de sementes também é utilizada no combate da hiperglicemia, atuando como agente antidiabético. Contudo este mecanismo de controlo da hiperglicemia ainda se encontra em estudo, apesar de ser recomendado na medicina persa como tratamento da diabetes (Spencer, 2008; Laribi *et al*, 2015).

Esta erva aromática também manifesta atividade antibacteriana e inibe um amplo espectro de microrganismos. No entanto, segundo Krusong *et al* (2015), a planta do coentro não apresenta atividade antimicrobiana contra o *Bacillus cereus*, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* ou *Salmonella Anatum*. Por outro lado, ao extrato do óleo do coentro, é-lhe reconhecida a eficácia como agente antimicrobiano contra alguns patogénicos alimentares, incluindo *S. aureus*, *E. coli*, *L. monocytogenes*, *Pseudomonas aeruginosa*. No estudo realizado por Duarte *et al* (2016) foi observado o potencial antibacteriano do óleo essencial do coentro contra o *Campylobacter coli*. Em adição, foi averiguado que o óleo essencial poderia ser considerado um substituto de antioxidantes sintéticos devido às suas propriedades de eliminação de radicais e pela inibição da peroxidação lipídica. Contudo é de referir que a atividade microbiana existente na planta do coentro varia de acordo com a variedade, as práticas agronómicas e o processamento (Delaquis *et al*, 2002).

Além de possuir atividades antibacteriana e antimicrobiana, o coentro exhibe também outras atividades benéficas para a medicina e saúde, entre as quais destaca-se a atividade antioxidante, anticancerígena, analgésica, anti-inflamatório, ansiolítica e antiplaquetária. Em relação à propriedade anticancerígena evidenciada pelo coentro, é de mencionar que ajuda a melhorar a terapia com antociclinas no tratamento do cancro da mama, especialmente em tumores com resistência a várias drogas. Além disso, o coentro pode ser utilizado como suplemento adicional em tratamentos convencionais, de forma a aumentar e melhorar o tratamento de doenças cancerígenas, e ainda pode inibir a formação de metástases (Laribi *et al*, 2015; Divya *et al*, 2014).

De acordo com Shahwar *et al* (2012), a inclusão conjunta de sementes e folhas de coentro na cozinha aumenta o conteúdo de antioxidante e a probabilidade de prevenir a deterioração oxidativa da comida. Na medicina iraniana, foi validada a utilização dos coentros para a prevenção de convulsões, ansiedade e insónias, com base em estudos farmacológicos que demonstraram atividades hipnóticas sedativas e anticonvulsivas em extratos aquosos de coentros que inibem os recetores centrais responsáveis pela dor (Larabi *et al*, 2015).

Como já referido anteriormente, o coentro apresenta uma elevada atividade antioxidante devido há presença de antioxidantes nas folhas e sementes do coentro. Contudo a presença de antioxidantes nas folhas do coentro é maior em comparação com os antioxidantes presentes na semente do coentro. Esta diferença é atribuída há presença de diversos pigmentos, entre eles os carotenoides. Os carotenoides presentes no extrato da folha do coentro contêm uma concentração alta de radicais hidroxilo que protegem as células de danos oxidativos (Bhat *et al*, 2014).

No que diz respeito ao uso do coentro ao nível farmacêutico, estes são responsáveis pela dissimulação do sabor de outros compostos medicinais (purgantes ativos) ou para atenuar o efeito irritativo no estômago causado por medicamentos, que tendem a provocar dores intestinais e gástricas (Spencer, 2008).

Na utilização externa, por vezes, as sementes dos coentros são aplicadas em loções para o tratamento em dores reumáticas. É ainda de referir que o óleo essencial das sementes do coentro é utilizado na aromoterapia, na conceção de sabonetes e na cosmética, em particular na área da perfumaria (Spencer, 2008).

1.2.3 Cultivo do Coentro

O coentro sendo uma cultura tropical, desenvolve-se em climas com temperaturas quentes, frescas e moderadamente frias, não tolerando a presença de gelo, principalmente na fase de floração e formação de semente. Desta forma, a cultura apresenta um alto rendimento e uma boa qualidade. As altas temperaturas e a velocidade de vento durante a formação de sementes, aumentam a esterilidade e reduz o rendimento da cultura. Por outro lado, o tempo nebulado aumenta o número de afídios e doenças na cultura do coentro (Sharma & Sharma, 2004).

Também segundo Sharma & Sharma (2004), a temperatura ideal para a germinação e crescimento do coentro situa-se entre os 20 e 25°C. No entanto, a cultura do coentro não tolera valores de precipitação elevados e períodos de muita humidade, preferindo períodos de precipitação regulares sem encharcamentos. É de realçar para o facto desta cultura tolerar curtos períodos de seca, necessitando de pouca rega, contudo a irrigação tem de ser frequente (Póvoa *et al*, 2014).

De acordo com Tripathi *et al* (2009), citado por Rashed & Darwesh (2015), mostraram que na irrigação do coentro a 20, 40 e 60 dias após a sementeira (três irrigações), manteve a eficiência na produção e utilização de nutrientes e ainda na absorção de N, P, K e S. O rendimento máximo de sementes também foi registrado com três irrigações.

Embora este tipo de cultura seja pouco exigente, o solo ideal deve apresentar as seguintes características: profundo, com boa drenagem, rico em matéria orgânica e com pH recomendável de 5.5 e 6.5, devendo evitar-se solos demasiado ácidos (Póvoa *et al*, 2014). O solo utilizado para este tipo de cultura deve ser arenoso ou um solo fertilizante, especialmente durante o período de crescimento da planta, em que necessita de uma mistura adequada (Diederichsen, 1996).

A sementeira pode fazer-se na primavera ou outono, onde em regra o solo apresenta uma temperatura entre os 10°C e 30°C. Relativamente ao espaçamento este varia entre os 15-30cm, dando preferência ao espaçamento de 20cm, com uma profundidade de 2,5-4cm, dispondo as sementes em sulcos abertos (Spencer, 2008). Ao nível da densidade de sementeira, esta varia entre 4 a 25 Kg/ha. Pereira e Nascimento (2003) citados por Póvoa *et al* (2014), afirmam que alguns produtores dividem os frutos (contém duas sementes) para maior rendimento de sementeira e para obter maior velocidade de germinação.

Apesar de não existir muita informação acerca da fertilização da cultura do coentro, Rashed & Darwesh (2015) elucidam para o facto da fertilização ser um fator importante para o crescimento e desenvolvimento da planta, destacando o azoto (N) como um fertilizante importante para obter *inputs* de produção superiores. O azoto representa um nutriente essencial ao nível da matéria seca da planta, assim como, na regulação da fotossíntese e produção da planta. A resposta da cultura à fertilização com azoto varia de acordo com as condições ambientais, reatividade do genótipo, tipo de fertilizante e tempo da sua aplicação. Em estudos relativos à fertilização com azoto na cultura do coentro, verificou-se que a acumulação de azoto em plantas de coentro é equivalente em condições de crescimento com ou sem a utilização de fertilizantes com azoto. Contudo também foi observado que a presença de azoto no solo influencia o uso de fertilizantes, uma vez que um solo com baixo teor de azoto, se não for aplicado o fertilizante, pode causar a depleção do azoto (Carrubba, 2009).

Por isso, a fertilização no cultivo de coentro tem de ter em consideração a quantidade de azoto necessária para regenerar o conteúdo de azoto presente no solo. É de realçar também que, num outro estudo mencionado por Carrubba (2009), foi comprovado a interação positiva entre a irrigação e fertilização, o que resultou numa melhoria ao nível do rendimento da cultura.

A cultura do coentro, por vezes pode ser afetada por afídios que absorvem a seiva da planta a partir das partes tenras da planta, como folhas e flores. As plantas afetadas apresentam uma tonalidade amarela, provocando uma diminuição na qualidade e rendimento da produção do coentro. Para além dos afídios, a cultura do coentro pode ser afetada por doenças causadas por fungos ou bactérias, entre as quais o oídio, o *leaf spot*, o *damping off*, bacterioses e podridões

que podem ocorrer na planta jovem do coentro. No combate a estes problemas tem sido sugerido a rotação de culturas, a utilização apropriada de herbicidas e a implementação de medidas fitossanitárias (Carzola *et al*, 2005; Sharma & Sharma, 2004).

1.2.4 Composição do Aroma do Coentro

Nos últimos anos tem ocorrido um crescente interesse por parte de diversas indústrias, no desenvolvimento científico ao nível dos compostos aromáticos presentes nos mais diversos materiais naturais (Rowe, 2000; Cadwallader *et al*, 1999).

Um dos atributos mais importantes do coentro é a qualidade do seu aroma, pois do ponto de vista do consumidor o aroma do coentro representa frescura e qualidade do produto. Na culinária, o aroma do coentro tende a diminuir antes da redução do seu aspeto visual. O aroma e os seus compostos voláteis têm sido alvo de diversos estudos, destacando-se as diversas pesquisas realizadas ao nível dos compostos presentes no óleo essencial da semente do coentro. Contudo atualmente a planta do coentro tem sido alvo de diversos estudos relativos à composição do aroma nas diferentes partes da planta (Cadwallader *et al*, 1999; Kohara *et al*, 2006).

As folhas do coentro apresentam um sabor arrojado, similar à salsa mas mais succulento, com um aroma intenso e pungente, que exhibe notas pontuais cítricas. As folhas, quando maceradas, manifestam um odor desagradável a insetos esmagados. De acordo com a literatura, o odor característico da folha do coentro é causado pela presença do composto trans-tridec-2-enal. No entanto, o aroma das sementes do coentro é diferente, inclusive, quando trituradas as sementes, possuem um aroma mais agradável, exibindo um aroma cítrico, como o do limão (Cha *et al*, 2009; Quynh *et al*, 2010).

Nas folhas da espécie *Coriandrum Sativum L.*, o aroma contém diversos compostos entre eles, os aldeídos, que possuem um baixo limiar de odor. Estes compostos não ramificados apresentam uma cadeia linear e um limiar de odor baixo. Os aldeídos de cadeia C10 (2-decenal), C14 [(E)- 2- alcenais] estão presentes em abundância no aroma típico dos coentros, especialmente o (E)- 2-undecenal. Os aldeídos insaturados, dos quais existem tanto E-, como Z -isómeros, tendem a exhibir limiares de odor inferiores e muitas vezes são responsáveis pelo aroma verde. O Cis-3-hexenal tem um limiar de odor de 0,25 mg / kg em água e concede uma especial nota fresca ao coentro recém colhido. É de realçar o facto de o aumento da cadeia de carbonos nos aldeídos apresentar uma dupla caracterização e descritores divergentes (floral/ frutado e gorduroso), dependendo da concentração presente no alimento e do indivíduo que o

está a descrever. Contudo este aumento da cadeia de carbonos tende a ser caracterizado como gorduroso (e.g. dodecenal) (Parker, 2015).

Além dos aldeídos, o coentro apresenta no seu aroma alguns álcoois, no entanto, segundo a literatura, a sua contribuição para o aroma tende a ser menor em comparação com os aldeídos. De entre os diversos álcoois, o *cis*-3-hexen-1-ol é caracterizado em diversas folhas verdes (Parker, 2015).

Os compostos dos óleos essenciais responsáveis pelo aroma nas folhas são essencialmente *n*-decanal e 2-*trans*-decanal (Póvoa *et al*, 2014).

Contudo na literatura há diversos estudos que se contradizem na composição volátil do coentro. Por exemplo, num estudo acerca do isolamento dos óleos essenciais, através do método destilação da extração de solvente, foram identificados 17 compostos voláteis, a maioria dos quais eram aldeídos alifáticos (gama C₈-C₁₅), sendo o 7-dodecenal (21%) o composto principal. No entanto noutra investigação levada a cabo para o isolamento folhas de coentro pelo mesmo método, o composto 7-dodecenal não foi identificado e observou que o (E)-2-decenal (46%) foi o composto predominante. Por outro lado, num outro estudo foram identificados alcanais e (E)-2-alcenais como sendo os principais constituintes da planta do coentro durante a ontogénese. Num outro estudo observaram que os principais compostos presentes nas folhas do coentro foram o decanal (51.51%) e o (E)-2-decenal (31.61%) através da técnica de microextração em fase sólida (SPME), que consiste na separação dos compostos voláteis a partir da homogeneização e ebulição das folhas do coentro. Além disso, eles também reportaram uma série homologa de alcanais relacionada com alcenos primários e alcanos. Num outro estudo, utilizando o método de extração direta do solvente a frio, verificou-se que o decanal (22%), (E)-2-decenal (17.4%), (E)-2-dodecenal (14.6%), e o (E)-2-tetradecenal (18.1%) foram os compostos abundantes na composição do óleo da erva do coentro fresca (Quynh *et al*, 2010; Donega *et al*, 2013).

Apesar da existência de diversos estudos sobre o aroma dos coentros, os compostos mais citados são: (E)-2-decenal, (E)-2-dodecenal, decanal, dodecanal, (E)-2-tridecenal e tetradecenal (Donega *et al*, 2013; El-Zaeddi *et al*, 2016; Tamura *et al*, 2013).

A partir destes estudos e embora seja evidente que os alcanais e os 2-alcenais são os constituintes principais, a alteração dos níveis destes aldeídos a partir de diferentes métodos de extração não tem sido analisada (Quynh *et al*, 2010).

2. Caracterização da Empresa

Este projeto foi realizado no âmbito da Tese de Mestrado de Biotecnologia e Inovação Alimentar, numa das empresas líderes no sector das ervas aromáticas e em produtos de IV Gama, a Vitacress.

A Vitacress Portugal dedica-se à produção de folhas jovens de hortícolas e ervas aromáticas, assim como produtos da IV Gama, ou seja produtos minimamente processados. Esta empresa pertence ao grupo RAR, este que opera em Portugal, Espanha, Holanda e Reino Unido.

Em Portugal, a produção é realizada em 300 hectares de campo aberto e 28 hectares de estufas, sendo uma percentagem exportada para o mercado Ibérico, Reino Unido e mercado do norte Europeu. Cerca de 10% dos terrenos das quintas Vitacress são dedicados ao modo de produção biológica. Os solos arenosos e o clima atlântico comedido são as características principais para que a produção se realize durante o ano inteiro.

É de realçar a atenção que a empresa apresenta acerca da preservação ambiental, onde 10% da área de cultivo corresponde à implementação da biodiversidade ambiental. Refere-se ainda que a empresa é certificada pelo protocolo GLOBALG.A.P.(EUREPGAP), assim como auditada e certificada pelo Global Food Standards, British Retail Consortium (BRC), Mcdonald's, entre outros.

3. Objetivos do trabalho

No âmbito da importância do coentro no mercado nacional, este trabalho teve como objetivo geral focar os compostos aromáticos da espécie *Coriandrum sativum L.*, desde a sua colheita até ao produto final embalado, de modo a manter a sua qualidade.

Paralelamente, também foi conduzido um estudo da relação aroma/tempo de prateleira, de modo a analisar o comportamento dos compostos aromáticos ao longo do prazo de validade dos produtos testados - produto lavado e produto não lavado. Também foi analisada a diferença na composição do aroma dos coentros entre dois produtos finais de duas empresas distintas – produto embalado lavado e cortado e produto embalado lavado.

No campo agronómico foram testadas novas variedades de coentros, com o intuito de ver o seu potencial comercial com base nos dados de campo e na análise do aroma. É de referenciar que, para iniciar a avaliação, foi criado um protocolo de acordo com as regras Europeias e Internacionais, de modo a uniformizar a avaliação da cultura do coentro. Este incidiu em características importantes do ponto de vista comercial, destacando-se a suscetibilidade a doenças, crescimento da cultura, a cor da folha e a aptidão às diferentes épocas do ano (Apêndice I – Figura 1).

Para além dos objetivos referidos, o trabalho teve como intuito a experiência/aprendizagem numa Indústria Alimentar, assim como a consolidação das bases teóricas. Por isso, além do projeto referido foram realizadas atividades paralelas ao projeto, de modo a incrementar o conhecimento e experiência no seio de uma Indústria Alimentar.

4. Materiais e Métodos

4.1 Desenvolvimento Experimental

4.1.1 Preparação das Amostras

As amostras analisadas foram recolhidas de duas quintas diferentes, quinta A e B. Na quinta A procedeu-se há recolha das amostras durante a época de Outono/Primavera (dia 29 de março) ao final da tarde, sendo as amostras conservadas no frio até há realização das análises cromatográficas. De referir que as amostras foram mantidas no frio durante o seu tempo de prateleira, para posterior análise no fim de vida do produto. Na quinta B as amostras foram recolhidas durante a época de Verão (dia 8 de julho) no pico da temperatura, ou seja, na altura do dia em que a temperatura atinge o valor máximo elevado. As amostras também foram conservadas no frio durante todo o procedimento analítico.

5.2.2 Análise por cromatografia GC-SPME

Neste projeto, a cromatografia gasosa (GC) foi a técnica utilizada para a análise do aroma presente nas diferentes amostras de coentros, sendo a GC-SPME (microextração na fase sólida) e a associação do GC-SPME e MS (massa espectrofotometria), os métodos utilizados.

A cromatografia gasosa SPME, é uma técnica baseada na sorção (adsorção e/ou absorção dos compostos voláteis, dependendo do revestimento da fibra) de compostos específicos. Esta técnica inovadora consiste na imersão de uma fina fibra de sílica fundida revestida por uma camada polimérica na amostra de líquido ou *headspace* da amostra líquida ou sólida, para adsorver/absorver os analitos de interesse. Posteriormente, ocorre a dessorção dos analitos na porta de injeção do cromatógrafo de gás e sua transferência para a coluna capilar analítica (Kusch & Knupp, 2004).

Particularmente nas aplicações alimentares, a cromatografia SPME é utilizada preferencialmente em análises de *headspace* de modo a evitar possíveis contaminações com compostos alimentares não voláteis. Na análise da SPME quantitativa, é utilizado um padrão interno classificado (Belitz *et al*, 2009).

O instrumento utilizado no presente projeto, foi o Varian CP-450, incorporado com um injetor automático e composto por uma coluna FactorFour VF-WAXms de 15m de comprimento x 0,15mm diâmetro interno x 0,15µm de espessura de filme da marca Varian. A temperatura do injetor foi de 220°C, sendo o fluxo do gás de 1 ml/min. Os compostos presentes nas amostras analisadas foram quantificados com extração de ião (m/z), em “*Full Scan mode*” com massa entre os 33 e 350 m/z. Contudo, a identificação de alguns compostos foi realizada através da seleção do ião específico.

No presente projeto, a quantidade pesada de cada amostra de coentro retirada para a realização da cromatografia SPME foi de aproximadamente 0,40g de coentro (folhas e caule, no caso da variedade utilizada para o produto não lavado). Em seguida, todas as análises aos coentros foram expostas há fibra DVB/CAR/PDMS 50/30 mm da marca Supelco, sujeitas a uma pré-incubação a 40°C durante 5 minutos. A extração das amostras ocorreu a uma temperatura de 40°C durante 15 minutos. As amostras foram analisadas ao nível do *headspace* do frasco de amostragem, sendo submetidas durante 45 minutos a 60°C, na HS-SPME.

O procedimento utilizado foi repetido no terceiro e último dia do tempo de prateleira (no caso do produto embalado), de forma a observar alterações que possam ocorrer no aroma ao longo do tempo de prateleira.

É de referir também que as análises cromatográficas foram realizadas em diferentes épocas do ano, no início da primavera e verão. Além disso, foram testadas amostras de duas quintas da empresa Vitacress, sendo na primavera testadas as amostras referentes à quinta A e no verão foram analisadas as amostras da quinta B.

No que diz respeito ao produto lavado este foi testado desde da sua colheita até ao seu embalamento, ao longo do tempo de prateleira, sendo retiradas amostras de produto na colheita, após a lavagem/secagem dos coentros e no produto final (produto embalado). Estas análises foram também realizadas em ambas as quintas da empresa Vitacress (B e A) em diferentes épocas do ano. Em relação ao produto não lavado apenas foram retiradas amostras relativas à colheita e produto final embalado.

4.1.3 Análise Cromatografia GC-SPME-MS

A cromatografia MS consiste na separação de todos os compostos presente na amostra injetada no instrumento da CG, vaporizando-a e separando todos os compostos presentes. Posteriormente, todos os compostos originam um espectro com diferentes níveis de intensidade, sendo gravados e identificados (Zellner *et al*, 2012).

O instrumento utilizado no presente projeto é similar ao aparelho usado na GC-SPME, no que diz respeito às condições de operação. No entanto, este aparelho possui um detetor de massa Varian Saturn 2000, sendo os compostos quantificados da mesma forma do instrumento utilizado na GC-SPME.

Neste projeto a cromatografia MS foi associada à técnica SPME, de modo a proceder a análise do *headspace* das embalagens dos produtos finais de coentros, produto lavado e não lavado. Então, o procedimento consistiu na recolha de 10ml de uma amostra do *headspace* de ambas as embalagens dos produtos finais (lavado e não lavado) no frasco de amostragem, sendo posteriormente colocadas no aparelho GC-SPME, onde ocorreu o aquecimento da amostra a

uma temperatura de 40°C. Após o aquecimento de 15 minutos, foi retirada uma amostra de 0,5 ml do frasco de amostragem de cada uma das amostras e, de seguida, foi injetada no aparelho da MS. Ou seja, a associação das técnicas consistiu no aquecimento das amostras no aparelho da SPME e após o aquecimento destas, foi retirada uma amostra para proceder há injeção no aparelho da GC-MS. O aparelho GC-MS utilizado para as amostras injetadas, apenas difere do aparelho GC-SPME ao nível do detetor de massa utilizado (Varian Saturn 2000). Procedeu-se há repetição do método ao longo do seu tempo de prateleira de modo a observar alterações na intensidade dos compostos identificados. Este método também foi utilizado para ver diferenças ao nível do aroma de dois produtos distintos, de empresas diferentes.

É de referir que este procedimento também foi realizado nas duas épocas do ano mencionadas acima e conseqüentemente em ambas as quintas da Vitacress.

4.2 Atividades de Integração na Empresa

No presente projeto foram ainda realizadas algumas atividades extras, por forma a adquirir experiência e conhecimento/aprendizagem profissional.

4.2.1 Atividades de Campo

A empresa Vitacress anualmente realiza diversos ensaios de campo relativos a novas variedades com o intuito de implementar novas culturas e/ou variedades que possam ser um fator diferenciador para a empresa. Durante o decorrer do estágio procedeu-se a diversos ensaios de campos, entre os quais foram testadas novas variedades de coentro. As avaliações de todas as culturas foram realizadas desenvolvendo um protocolo, que tem como base regras Europeias e internacionais. Este protocolo pretendeu auxiliar os agrónomos na avaliação diária das culturas, com incidência sobre as características preferenciais para cada cultura. A tabela 1 do apêndice I representa um exemplo de protocolo desenvolvido para uma determinada cultura. No que diz respeito às variedades de coentros ensaiadas no campo, estas são selecionadas com base em diversos parâmetros, destacando-se a velocidade de crescimento, o tipo de folha e adaptação da cultura. É de realçar que todas as variedades de coentros são ensaiadas em ambas as quintas, de modo a observar a sua adaptação a condições diferentes, entre as quais, solo e época do ano. Para além disso, foram realizados diversos estudos com o intuito de identificar possíveis causas para a ocorrência de algumas reclamações, relativas ao ano de 2015.

4.2.2 Atividades de Fábrica

Na fábrica auxiliei o departamento de qualidade da empresa, realizando tarefas de controlo de qualidade da matéria-prima e do produto final. Na receção da matéria-prima era verificada a sua qualidade antes do embalamento. Após o embalamento eram realizados alguns testes

relativos ao tempo de prateleira do produto. De entre os vários produtos, os coentros também foram avaliados de acordo com protocolos implementados na empresa, seguindo o seu acompanhamento durante todo o processo até ao produto final.

Além das tarefas de qualidade, foram realizados estudos com interesse para a empresa, destacando o projeto dos filmes utilizados nas embalagens de produto não lavado.

5. Resultados/Discussão

5.1 Identificação dos compostos presentes no Aroma do coentro

Um total de 21 compostos foram identificados no aroma dos coentros, utilizando dois métodos de cromatografia gasosa, na conjugação dos resultados referentes às amostragens das duas quintas analisadas. De acordo com a tabela 1, o aroma é constituído sobretudo por aldeídos alifáticos e álcoois, apresentando uma pequena percentagem de linalol, que é o principal constituinte do óleo essencial do coentro. Refere-se ainda que alguns compostos só foram evidenciados numa das quintas, por exemplo o (E)-2-decenal só foi identificado nas amostras procedentes da quinta B, assim como o 7-tetradeceno, o 1-tetradeceno e o hexadecanal foram identificados nas amostras provenientes da quinta A. Deste modo, na amostra da quinta A foram identificados um total de 19 compostos e na B 15 compostos, sendo o (E)-2-tetradecenal o principal composto em ambas as quintas.

Tabela 5.1. Compostos aromáticos identificados pelos métodos GC-SPME e GC-SPME-MS; ⁽¹⁾ presente apenas nas amostras referentes ao produto lavado de coentro provenientes da quinta A; ⁽²⁾ presente apenas nas amostras provenientes da quinta B; ⁽³⁾ presente apenas nas amostras provenientes da quinta A.

Composto	Método	mz	tr
Cis-3-hexenol	GC-SPME	67	7,7
Trans-3-hexenol	GC-SPME	67	9,9
Decanal	GC-SPME	full scan	13,01
Linalol	GC-SPME	93	14,6
Undecanal ⁽¹⁾	GC-SPME	full scan	15,992
(E)- 2- Decenal ⁽²⁾	GC-SPME	full scan	16,6
Pentadecanal ⁽¹⁾	GC-SPME-MS	full scan	16,996
Hexadecanal ⁽³⁾	GC-SPME	full scan	18,9
1-Dodecanol	GC-SPME	full scan	20,58
(E)-2-dodecenal	GC-SPME e GC-SPME-MS	full scan	20,64
10-Undecenal ⁽³⁾	GC-SPME	full scan	22,6
(E)-2-Tridecenal	GC-SPME-MS	full scan	23,3
Dodecanal	GC-SPME	full scan	25,4
7-Tetradeceno ⁽³⁾	GC-SPME	full scan	25,79
(E)-2-Tetradecenal	GC-SPME e GC-SPME-MS	full scan	25,9; 28,05
1-Tetradeceno ⁽³⁾	GC-SPME	full scan	27,09
Cis-9-Hexadecenal	GC-SPME-MS	full scan	28,32
13-Tetradecenal	GC-SPME	full scan	30,5
(E)- Hexadece-2-nal	GC-SPME-MS	full scan	30,642
6-Dodecanol ⁽²⁾	GC-SPME-MS	full scan	32,7

Na composição do aroma das amostras de coentro analisadas destacam-se a presença de diversos aldeídos alifáticos importantes na sua caracterização, como é o caso do tetradecenal, pentadecanal e decanal, conforme evidenciou Donega *et al*, (2013) e Tamura *et al* (2013).

No presente estudo verificou-se ainda a presença de (E)-2-Tridecenal e (E)-2-Tetradecenal, identificados pelo método GC-SPME-MS, que também possuem características importantes para a constituição do aroma do coentro, como reportado por Donega *et al* (2013). Nas diversas amostras de coentros testadas observou-se também a presença de álcoois, com destaque para o hexenol e dodecanol. É ainda de referir que apesar de os aldeídos alifáticos serem os principais constituintes na caracterização do aroma do coentro, os constituintes que apresentam uma percentagem menor também contribuem para a sua caracterização (Cadwallader *et al*, 2005).

Os principais compostos no aroma dos coentros analisados pelo método GC-SPME-MS foram o Cis-9-Hexadecenal, decanal e o (E)-2-tetradecenal, este último identificado pelos dois métodos utilizados (Figura 5.1).

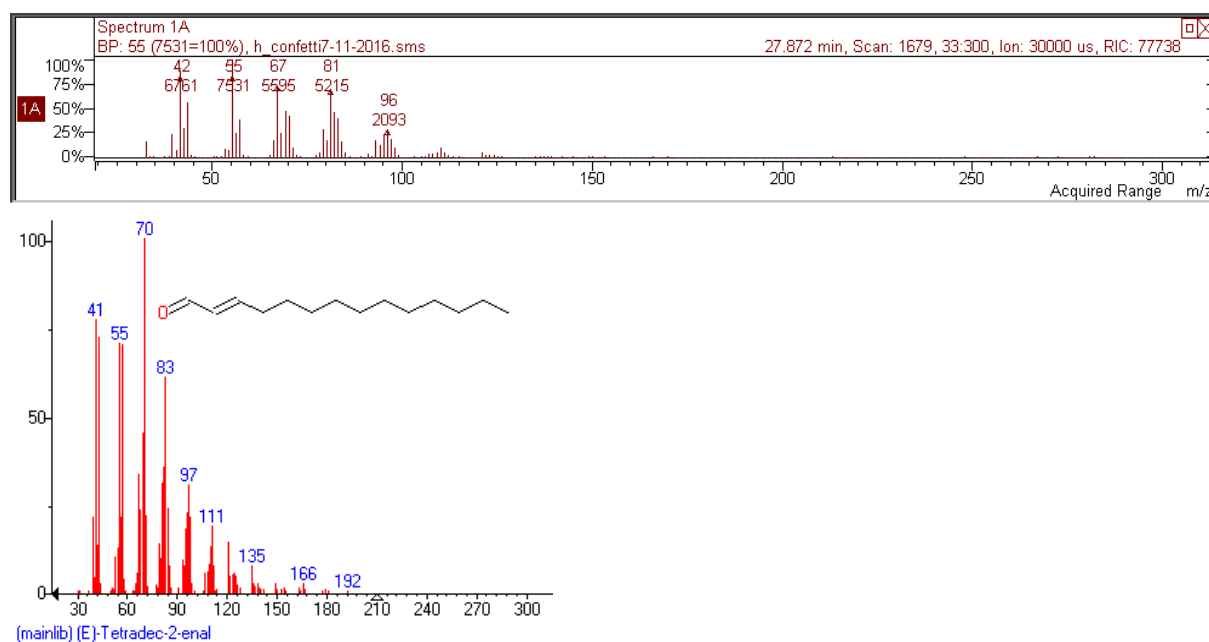


Figura 5.1. Espectro de massa do composto (E)-2-Tetradecenal por GC-SPME.

Estes dados são corroborados pela literatura, uma vez que predominam os aldeídos alifáticos na constituição do aroma das folhas do coentro (Wierdak, 2013; El-Zaedi *et al*, 2016; Quynh *et al*, 2010). No entanto, a composição do aroma do *Coriandrum Sativum L.* varia nas diferentes pesquisas realizadas e nas diferentes partes do mundo (Eyres *et al*, 2005; Wierdak, 2013).

Num estudo acerca do aroma nas folhas do coentro foi evidenciado que os principais compostos presentes são o 2-(E)-decanal (15.9%), decanal (14.3%), 2E-decen-1-ol (14.2%) e n-decanol (13.6%) (Sahib, *et al.*, 2012; Matasyoh *et al*, 2009). Também Wierdak (2013) evidenciou que o decanal, E-2-dodecanol e o E-2-decanal foram os compostos que predominaram. Contudo o

mesmo não se apurou no estudo levado a cabo na planta do coentro originária da Tunísia, mencionado por Matasyoh *et al* (2009), em que o composto maioritário foi o 2E-dodecenal. Um outro estudo realizado por Quynh *et al* (2009) revelou que o decanal e o dodecanal eram os principais compostos presentes no aroma do coentro vietnamita, seguidos do undecanal e de aldeídos alifáticos C₆.

Os aldeídos e álcoois mencionados neste projeto são conhecidos pela diversidade de atividades que desempenham nas várias indústrias. Delaquis *et al* (2002) refere que os álcoois e aldeídos de cadeia longa são particularmente ativos contra bactérias Gram-positivas, sendo que as propriedades antimicrobianas dos álcoois aumentam de acordo com o aumento do peso molecular. Este estudo ainda revelou que a ação de *L. monocytogenes* e *S. aureus* foi inibida por misturas complexas de voláteis incluindo decanol, decanal, decenal, entre outros, e que o linalol foi responsável pela inibição da atividade de bactérias Gram-negativas. Num outro estudo levado a cabo por Pande *et al* (2010), o composto (E)-2-dodecenal, presente no aroma do coentro, foi eficaz contra uma bactéria de origem alimentar, apresentando uma concentração mínima de bactericida de 6,25 µg/ml, seguido do composto (E)-2-undecenal com 12,5 µg/ml. Esta propriedade bactericida advém em parte da habilidade de atuar como um surfatante não iónico. Pauli (2001) também observou a atividade antimicrobiana em concentrações baixas nos aldeídos alifáticos, devido à presença de uma ligação dupla perto do grupo aldeído. No entanto, num estudo conduzido por Begnami *et al* (2010), observou-se que um maior número de álcoois presentes no aroma das folhas do coentro aumentava a atividade antimicrobiana contra diferentes espécies de *Candida in vitro*, em relação a amostras que continham uma percentagem maior de aldeídos.

Segundo Potter *et al* (1990) referido por Pauli (2001), o composto 10-undecenal é reconhecido pela sua atividade antifúngica e utilizado para este propósito comercialmente.

É de referir também que foi observada a presença de 1-tetradeceno e 7-tetradeceno nas amostras provenientes da quinta A, que não foram identificados na literatura até ao momento.

Foi também identificado uma pequena quantidade de linalool nas amostras analisadas na cromatografia GC-SPME. Isto pode dever-se ao facto de terem libertado os óleos essenciais, quando se procedeu ao corte dos coentros em pequenas porções para a colocação no tubo de amostragem. É de referir que o linalol é o principal constituinte do óleo essencial das sementes do coentro, possuindo propriedades antibacterianas (Pande *et al*, 2010).

5.2 Impacto do processo de produção no Aroma do coentro

5.2.1 Impacto da lavagem no aroma do coentro

De acordo com a figura 5.2, na análise cromatográfica realizada na embalagem do produto lavado foram identificados 6 compostos, sendo o composto maioritário o (E)-2-Tetradecenal, na quinta B. O mesmo foi observado na quinta A, sendo o composto maioritário o (E)-2-Tetradecenal, como se verifica na figura 5.2.

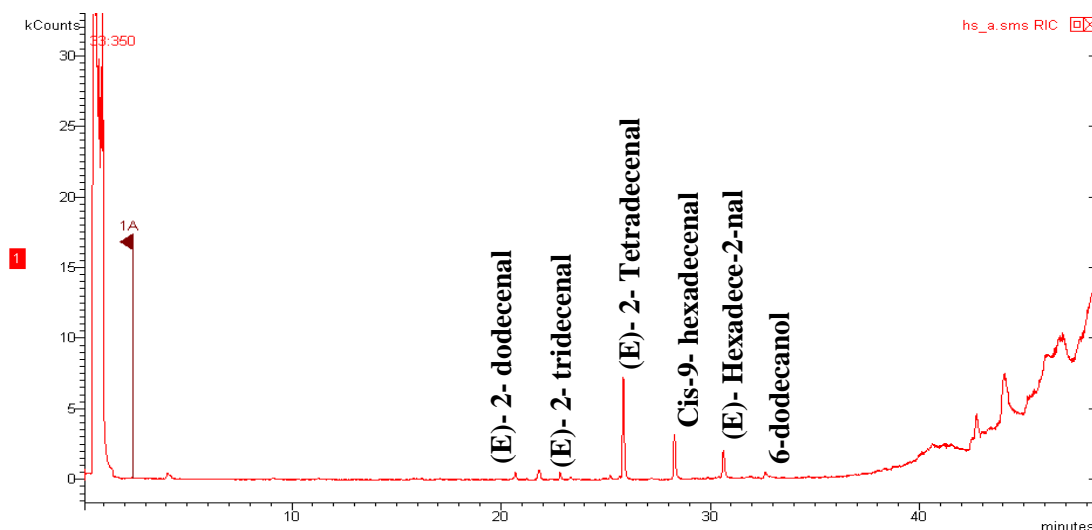


Figura 5.2. Identificação dos compostos aromáticos presentes no produto embalado lavado oriundos da quinta B.

Para além disso, é de referir que a maioria dos compostos identificados na embalagem da amostra de coentro são aldeídos alifáticos, comprovando pesquisas que foram realizadas ao aroma do coentro (Wierdak, 2013; Cadwallader *et al*, 2005). Esta análise veio ainda corroborar que a caracterização do aroma do coentro deve-se sobretudo à presença do (E)-2-Tetradecenal, como reportado em diversas pesquisas mencionadas anteriormente. A intensidade do (E)-2-Tetradecenal foi superior nas amostras provenientes da quinta A em relação à quinta B, assim como os restantes compostos identificados, como se pode visualizar na figura 5.3. Além disso, é de realçar para o facto de ambas as quintas evidenciarem os mesmos compostos, à exceção do 6-dodecanol (apenas encontrado na amostra referente à quinta B) e do pentadecanal, identificado apenas no cromatograma alusivo à quinta A.

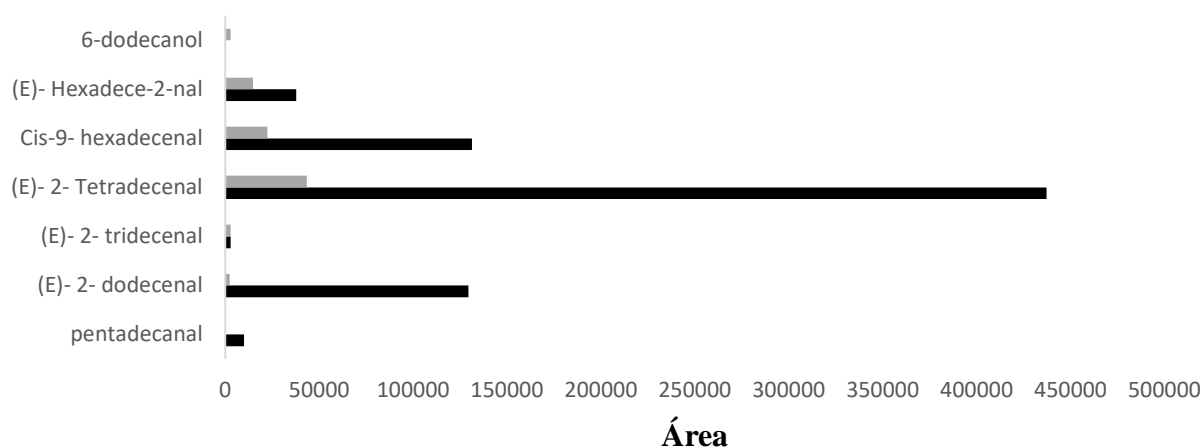


Figura 5.3. Área dos compostos aromáticos identificados na embalagem do produto lavado das amostras provenientes da quinta A (■) e B (■).

De acordo com a figura 5.3, embora a variedade utilizada em ambos os produtos embalados lavados das duas quintas seja a mesma, observa-se uma diferença na quantidade dos compostos identificados. A quinta A apresenta valores elevados em relação à B, no que diz respeito aos compostos identificados, destacando o (E)-2-Tetradecenal.

O procedimento realizado na embalagem do produto lavado foi repetido ao longo do tempo de prateleira do produto, observando-se um decréscimo na quantidade e qualidade do aroma do coentro, em ambas as amostras procedentes das duas quintas. Contudo o decréscimo observado foi mais acentuado na quinta A, como se pode verificar na figura 5.4.

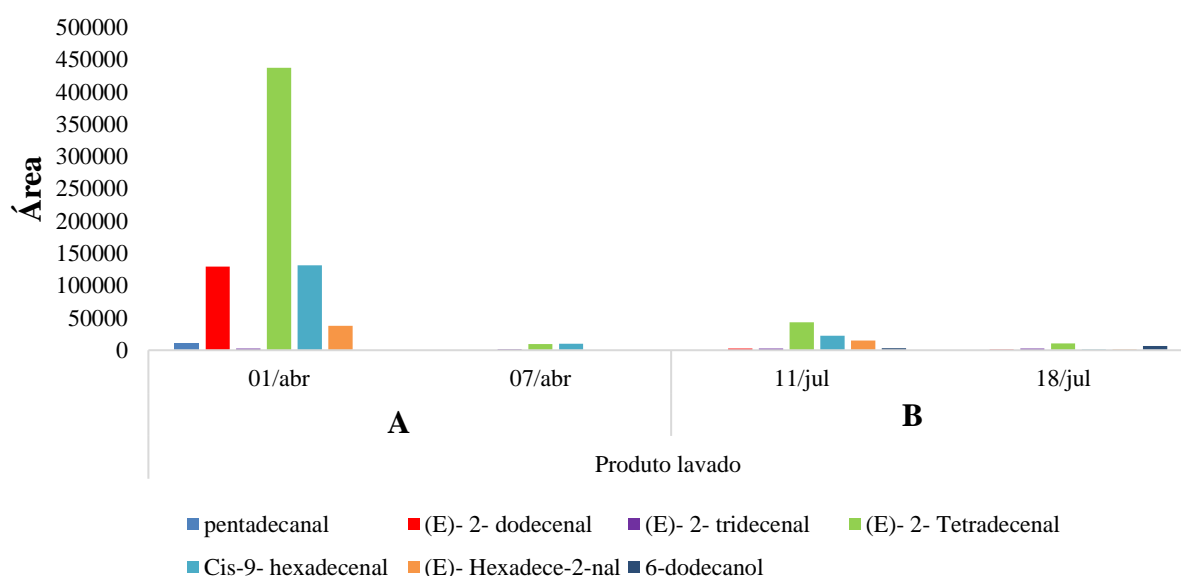


Figura 5.4 Representação do perfil de compostos aromáticos da embalagem do produto lavado no início (01/abr e 11/jul) e no final de vida produto (07/abr e 18/jul), em ambas as quintas, A e B.

Esta diferença pode ser justificada com base nos fatores climáticos e agronômicos distintos das duas quintas. Conforme refere Yildiz (2015), a diferença quantitativa e qualitativa no aroma dos coentros pode ser atribuída a fatores climáticos e ambientais.

Apesar da distância das quintas apenas diferir em 20 km, elas apresentam características diferentes para o cultivo do coentro. Ambas as amostras foram retiradas das quintas em épocas do ano diferente, como mencionado nos capítulos anteriores. De acordo com as semanas de sementeiras correspondentes e a sonda meteorológica existente nas quintas, observou-se que as temperaturas na quinta A rondaram os 12°C, e na quinta B as temperaturas mantiveram-se na ordem dos 19,1°C. Além da temperatura do ar, a temperatura do solo também variou nas duas quintas, apresentando valores na ordem dos 13,5°C e 26,7°C na quinta da A e B, respetivamente. Esta diferenciação ao nível das temperaturas poderá ser um dos fatores responsáveis pelos resultados obtidos. Telci *et al* (2010) conduziu um estudo para determinar o impacto de diferentes meios ambientais na composição do óleo essencial da hortelã, concluindo que o cultivo da hortelã em diferentes locais e com condições climatéricas distintas afetam a quantidade dos compostos maioritários de um modo estatisticamente diferente. Neste estudo foi observado que a quantidade de sesquiterpenos foi maior nos locais quentes, enquanto que a quantidade de hidrocarbonatos de monoterpénos foi maior em locais que exibiam uma temperatura moderada, ou seja um clima ameno. Também Vokk *et al* (2011), concluiu que o conteúdo de óleo essencial em ervas aromáticas, como a salsa e endro, é maior quando o crescimento da planta ocorre na época de verão comparativamente à época de inverno, assim como as propriedades antimicrobianas do óleo essencial aumentam. Portanto, nas amostras analisadas verifica-se que a amostra da quinta A exibe inicialmente uma intensidade superior de aldeídos alifáticos, especialmente de (E)-2-Tetradecenal, onde a temperatura do ar e do solo é inferior, em comparação com a quinta B. No entanto, a quinta B ao longo do tempo de vida do produto apresenta um número maior de compostos, em relação à amostra referente à quinta A. Verifica-se que a proporção relativa à perda dos compostos no final de vida do produto difere nas duas quintas, em que a quinta A apresenta uma perda acentuada dos compostos constituintes do aroma. Por outro lado, a quinta B apresenta uma ligeira perda do aroma, apesar de apresentar valores mais baixos desde do primeiro dia do tempo de vida do produto. Embora haja uma perda dos composto aromáticos em ambas as quintas, observa-se que a quinta A apresenta um menor número de compostos no final de vida do produto, em comparação com a quinta B. Esta diferença verificada poderá estar relacionada com a diferença de temperatura, existente nas quintas. Inicialmente, a quinta A apresenta uma temperatura favorável para o crescimento da cultura e consequentemente para a produção de compostos aromáticos, contudo após o

processamento ocorre a perda desses compostos. Por outro lado, a quinta B começa por evidenciar um aroma com menos intensidade dos seus compostos aromáticos, no entanto, a sua perda não é tão acentuada quando comparada com a quinta A.

Para além da temperatura, outros fatores poderão ter influenciado a diferença que se verificou entre as quintas. Por exemplo, o sistema de irrigação difere entre ambas as quintas, sendo que na A o sistema utilizado é microexpressão e no caso da quinta B é usada uma rampa de rega. Esta diferença no sistema de irrigação de ambas as quintas é devido há produção da cultura do coentro ocorrer em épocas do ano distintas, pois a necessidade de água difere consoante as estações do ano. Também a quantidade de irrigação a que a cultura do coentro está sujeita difere nas duas quintas, o que poderá também influenciar a qualidade do aroma das ervas aromáticas. Segundo El-Zaeddi *et al* (2016), a composição dos óleos essenciais poderá sofrer alterações devido a diversos fatores, entre os quais, dose de irrigação, densidade da planta, data de sementeira e clima da área. A mesma pesquisa revelou que uma densidade de 5,56 plantas/m⁻² com a aplicação de uma dose de irrigação de 1290 m³ha⁻¹ apresentou a melhor qualidade sensorial e aromática na produção de salsa. Contudo, a maior produção de compostos voláteis foi obtida com uma dose de irrigação de 1788 m³ha⁻¹ e uma densidade de 7.41 plantas/m⁻², no entanto o objetivo era o aumento da produção de salsa. Noutro estudo também levado a cabo por El-Zaeddi *et al* (2016), pretendeu-se analisar a composição volátil dos óleos essenciais e a sua qualidade sensorial de diversas ervas aromáticas, em diferentes regiões mediterrânicas de Espanha, de modo a estabelecer o melhor tempo de colheita com base na obtenção da maior quantidade de óleos essenciais e na melhor qualidade sensorial. Verificou-se que o coentro colhido a 5 de janeiro de 2015 obteve os melhores resultados, no que diz respeito ao seu conteúdo de óleos essenciais e qualidade sensorial, no entanto alguns fatores (tratamentos de irrigação, densidade da planta ou condições de fertilização) não foram tidos em consideração, sendo necessário realizar novos estudos.

No caso do presente projeto, as amostras referentes à quinta A apresentaram maior intensidade nos compostos característicos do aroma do coentro, contudo a sua perda foi gradual ao longo do tempo. No que diz respeito à amostra analisada na B observa-se que, embora haja perda gradual do aroma presente na embalagem do produto lavado, no final de vida do produto apresenta ainda alguns compostos que a quinta A não apresenta, perdendo alguns inclusive.

Na análise GC-SPME, verifica-se que o produto é maioritariamente constituído por aldeídos, sendo os principais compostos identificados o (E)-2-Tetradecenal e o decanal, no caso da quinta A – Figura 5.5.

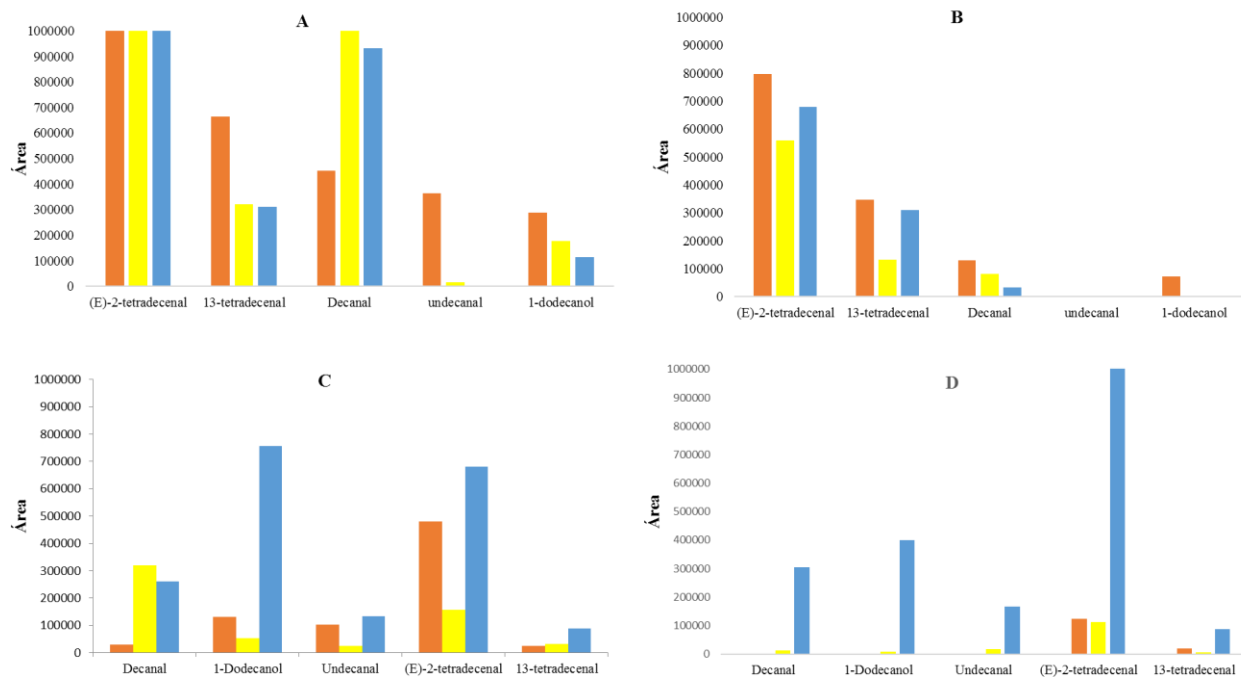


Figura 5.5. Perfil dos principais compostos aromáticos identificados nas amostras do produto lavado: ■ amostras pós-colheita, ■ amostras pós-lavagem e secagem e ■ produto final embalado. (A) e (B) Área dos compostos aromáticos identificados na quinta A, no início e no final do tempo de prateleira do produto, respetivamente; (C) e (D) Área dos compostos aromáticos identificados na quinta B, no início e final do tempo de prateleira do produto, respetivamente.

Em relação há quinta B verifica-se que o (E)-2-Tetradecenal é o composto maioritário, contudo o 1-dodecanol também é um dos principais constituintes do aroma do coentro, como é possível observar na figura 5.5.

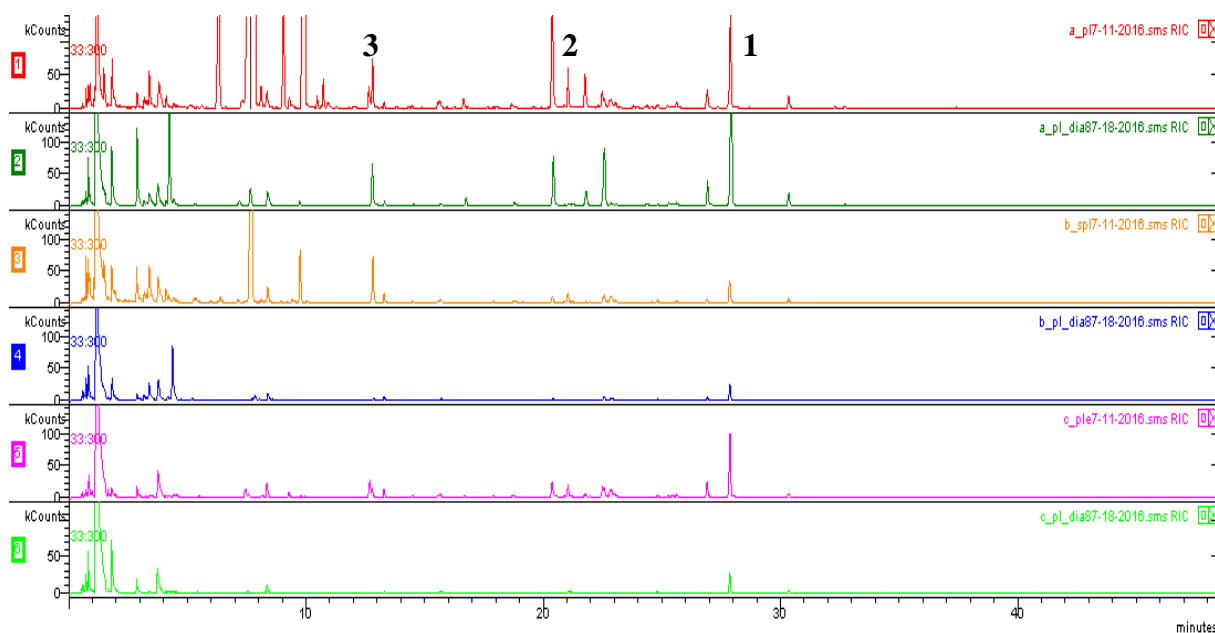


Figura 5.6. Cromatograma referente às amostras do produto lavado da quinta B, sendo: (a_p17-11-2016 e a_pl_dia87-18-2016) - amostras relativas há colheita no início e no final do tempo de vida do produto, respetivamente; (b_spl7-11-2016 e b_pl_dia87-18-2016) - amostras do produto após secagem, no início e no final do tempo de vida do produto, respetivamente; (c_ple7-11-2016 e c_pl_dia87-18-2016) – amostras do produto final no início e no final do tempo de vida do produto, respetivamente. Os números correspondem aos seguintes compostos: 1- (E)-2-Tetradecenal; 2- 1-Dodecanol; 3- Decanal.

Na figura 5.6 pode observar-se que a colheita apresenta maior intensidade dos compostos maioritários e que estes vão diminuindo ao longo do tempo de prateleira. Isto verifica-se nas amostras referentes às duas quintas. No entanto, os valores mais elevados são obtidos na quinta A em todas as amostras. Por sua vez, no final do tempo de prateleira do produto lavado na amostra pós-colheita, a quinta B evidencia um valor maior do composto (E)-2-Tetradecenal e do (E)-2-dodecenal (figura 5.5). Como já foi mencionado anteriormente, uma série de fatores poderão ter levado a esta diferença, destacando-se a temperatura e dose de irrigação, pois estes fatores são díspares nas duas quintas. Além destes fatores, Lenardis *et al* (2007) menciona a importância da interação solo-planta na concentração dos óleos essenciais, em que evidenciou que a produção do óleo essencial foi menor quando o nível de degradação do solo se apresentava baixo. No entanto, outros estudos evidenciaram que, em solos com um nível de degradação elevado, a concentração de óleo essencial era maior devido às condições de stress ambiental a que a cultura estava sujeita, favorecendo a produção de metabolitos secundários em vez de metabolitos primários. Ou seja, quando o solo está em presença de condições ambientais adversas (por exemplo, défices de água) tende a utilizar outros recursos (e.g. carbono) de forma a aumentar a síntese de metabolitos secundários, por exemplo compostos voláteis (Fuente *et al*, 2003). Embora Lenardis *et al* (2007) tenha obtido resultados diferentes, é possível que a cultura

do coentro não tenha sido sujeito a condições de stress, de forma a produzir metabolitos secundários em vez de metabolitos primários, como é evidenciado na literatura e pesquisas anteriormente efetuadas. No caso dos coentros, o solo poderá ter influência sobre a diferença encontrada entre as quintas, pois possuem solos divergentes com constituições distintas. De acordo com Sahib *et al* (2012), numa fase inicial do crescimento do coentro, a planta requer um clima com uma temperatura quente e solos pesados com o mínimo de irrigação necessária, o que corresponde a características evidenciadas na quinta B. O seu solo, como contém uma menor percentagem de areia, tem capacidade de reter mais nutrientes essenciais ao crescimento da planta. Por sua vez, o solo da quinta A (maioritariamente arenoso) apresenta menor capacidade de retenção de nutrientes e água, pelo que a fertilização e irrigação é faseada ao longo do crescimento.

Observa-se também que, sempre que a planta é sujeita a um stress físico, aumenta a quantidade de álcoois presentes no aroma, assim como os principais aldeídos presentes nas amostras. Verifica-se que na amostra proveniente da quinta B, após a colheita (a_pl7-11-2016 e a_pl_dia87-18-2016), o número de aldeídos é superior em relação às amostras referentes ao produto final e após a lavagem, com exceção do 1-dodecanol, que também apresenta um valor elevado. Além disso, verifica-se que os aldeídos mantêm valores elevados em relação aos álcoois, durante o tempo de prateleira do produto, contudo estes diminuem a sua intensidade. Em contrapartida, também se realça o facto que após a lavagem e no embalamento do produto lavado, que o número dos aldeídos continua a ser superior (Figura 5.5). Isto pode dever-se ao facto de a planta ser sujeita a um stress físico, desencadeando um mecanismo de defesa por parte da planta. De acordo com Bart *et al* (2010), a produção de aldeídos e álcoois voláteis através da via LOX está relacionado com os mecanismos de defesa da planta. Estes mecanismos de defesa despoletam a formação de aldeídos e álcoois de cadeia curta. Estes aldeídos e álcoois voláteis saturados e insaturados C₆ e C₉ são responsáveis pelas características presentes no aroma das frutas, vegetais e folhas verdes. Esta conversão envolve a presença de diversas enzimas, que são responsáveis pela conversão de ácidos gordos insaturados em compostos aromáticos (e.g. conversão do ácido linoleico em 3Z-hexenal). Posteriormente, refere-se ainda que os aldeídos poderão ser convertidos nos seus álcoois correspondentes, como por exemplo a conversão do 3Z-hexenal em 3Z-hexenol na presença da enzima ADH (álcool desidrogenase) (Menzel & Schreier, 2007; Schwab *et al*, 2008; Schaft, 2015).

Estes aldeídos e álcoois presentes na maioria das folhas verdes são usualmente sintetizados nos órgãos verdes da planta em resposta a ferimentos causados na planta por fatores ambientais ou

agronômicos, no entanto estes também são responsáveis pelo aroma característico das frutas e vegetais (Bart *et al.*, 2010; Schwab *et al.*, 2008; Gigot *et al.*, 2010).

Embora no presente projeto apenas tenha sido analisado os compostos voláteis libertados pelas folhas do coentro, a diferença observada nas respectivas quintas e caracterização do aroma do coentro pode dever-se ao facto da existência da biossíntese LOX na planta, pois esta cultura foi sujeita a condições de stress ao longo da sua produção, que não foram tidas em consideração. Estas condições de stress podem estar não só relacionadas com as condições climáticas divergentes, como também pela diferença nas práticas agronômicas utilizadas por cada quinta. É também observado que ao longo da sua produção a concentração dos aldeídos e álcoois presentes na folha do coentro vai diminuindo, no entanto a diminuição é mais acentuada na quinta B, com a exceção do (E)-2-Tetradecenal, que aumenta a sua intensidade na amostra referente à colheita do produto lavado. Ou seja, na quinta A verifica-se que, embora haja uma diminuição dos compostos identificados, mantêm-se no final de vida do produto mas com menos intensidade. Além disso, na quinta A observa-se também a perda de compostos presentes em minoria, como é o caso do undecanal. No caso da B, a amostra proveniente da colheita do coentro sofre uma alteração ao nível dos seus compostos, em que o valor do (E)-2-Tetradecenal aumenta, o composto 1-dodecanol diminui ligeiramente e o decanal aumenta. As restantes amostras provenientes da quinta B (após secagem e produto final), perdem a maioria dos seus compostos no fim de vida do produto, com a exceção do (E)-2-Tetradecenal que está presente mas com uma intensidade muito reduzida. Estas divergências encontradas podem estar relacionadas com variáveis como o ambiente físico, clima, práticas agrícolas. Refere-se também que estas diferenças podem ter a ver com o processo mecânico da lavagem do produto, fazendo com que a sua intensidade seja diminuída em ambas as quintas. No entanto, o facto de na quinta B não apresentar alguns compostos no final de vida do produto lavado embalado pode dever-se ao facto de os seus compostos terem sido libertados aquando da colheita, o que em conjunto com o processo mecânico levou à perda rápida dos compostos.

Outro fator que poderá estar em causa para as diferenças verificadas é a hora de colheita. Em ambas as quintas o produto para a produção diária de coentros foi colhido de manhã, entre as 9 e as 10 h, e foi posteriormente submetido ao processo de lavagem. Contudo, a recolha das amostras relativas à colheita do produto, para posteriormente serem efetuadas as cromatografias, foram realizadas em horários diferentes. Na quinta B a recolha deu-se na hora do almoço (cerca das 13 horas) e na quinta A a hora de colheita das amostras efetuou-se ao final da tarde.

Também é de realçar o facto do linalol (principal constituinte do óleo essencial do coentro) estar presente em amostra da A e B. Embora seja o principal constituinte do óleo essencial da semente, a presença do linalol ocasionalmente é reportada em literatura relativa a folhas de ervas aromáticas com elevado grau de frescura (Cadwallader *et al*, 2005). Neste caso, a presença deste composto pode ter a ver com o facto de ser feita a colheita de uma folha jovem de coentro ou pelo facto de ter sido colhido muito próxima da sua idade adulta, o que ocorreu na amostra proveniente da quinta A.

5.2.2 Análise ao aroma do produto não lavado

Na análise realizada ao produto do coentro que não é sujeito ao processo de lavagem, foi observada uma diferença na embalagem do produto, verificando que as amostras provenientes na quinta A apresentavam áreas com valores menores, em relação às amostras de produto referente à quinta B. Em todas as amostras foi evidente que o (E)-2-tetradecenal foi o principal composto. O (E)-2-dodecenal também se apresentou com maior intensidade na amostra do produto final procedente da quinta B. Estes compostos são reconhecidos na literatura como sendo compostos que caracterizam o aroma do coentro (Donega *et al*, 2013; Tamura *et al*, 2013).

Na figura 5.7 pode observar-se que na quinta B os compostos identificados na embalagem do produto que não é sujeito ao processo de lavagem mantêm-se durante o período analisado (7 dias), ao contrário das amostras provenientes da quinta A que perdem todos os seus compostos aromáticos ao fim dos 7 dias.

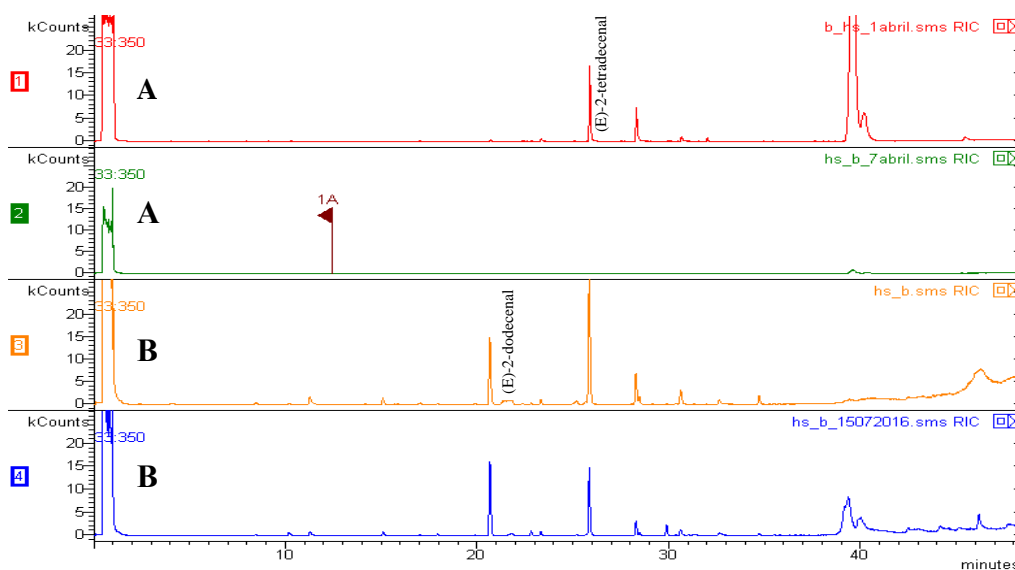


Figura 5.7. Representação cromatográfica do produto não lavado embalado ao longo do tempo de prateleira, sendo *b_hs_1abril* e *hs_b_7abril* amostras oriundas da quinta A no início e no final do tempo de prateleira do produto, respetivamente e *hs_b* e *hs_b_15072016*, amostras referentes há quinta B no início e no final do tempo de vida do produto, respetivamente.

A diferença verificada entre as duas quintas pode ser causada por variáveis que não foram controladas ao longo do presente projeto, por exemplo as condições climáticas e agronômicas. As condições climáticas nas duas quintas são distintas, uma vez que a produção do coentro é realizada em épocas diferentes nas quintas. Por isso, na quinta A o cultivo do coentro é realizado no outono/inverno e no início da primavera, onde a temperatura é mais baixa, sendo maior o risco de ocorrência de geadas e outras condições climáticas extremas que afetem a cultura do coentro. No que diz respeito à quinta B, o cultivo da cultura do coentro ocorre durante os meses de primavera e verão, ou seja, a temperatura tende a ser mais elevada. Além desta diferença climática, conseqüentemente a irrigação da cultura torna-se divergente. Telci & Hisil (2008) afirmam que períodos de crescimento que possuem diferentes temperaturas, geadas e intensidade de luz, desde do princípio da primavera até final do outono influencia a produção e qualidade das plantas medicinais. As variações climáticas verificadas ao longo do presente projeto poderá ter influenciado a produção de metabolitos secundários, em que o seu aumento deve-se a fatores abióticos e bióticos. Além disso, estas alterações também influenciam a composição do óleo essencial (Gil *et al.*, 2002).

No que toca as análises realizadas através da GC-SPME ao produto que não é sujeito à lavagem, foram observadas diferenças nas amostras provenientes de ambas as quintas. Em ambas as quintas, observa-se novamente, que o composto (E)-2-Tetradecenal é o principal constituinte da variedade em questão, contudo o comportamento das amostras é distinta entre as quintas.

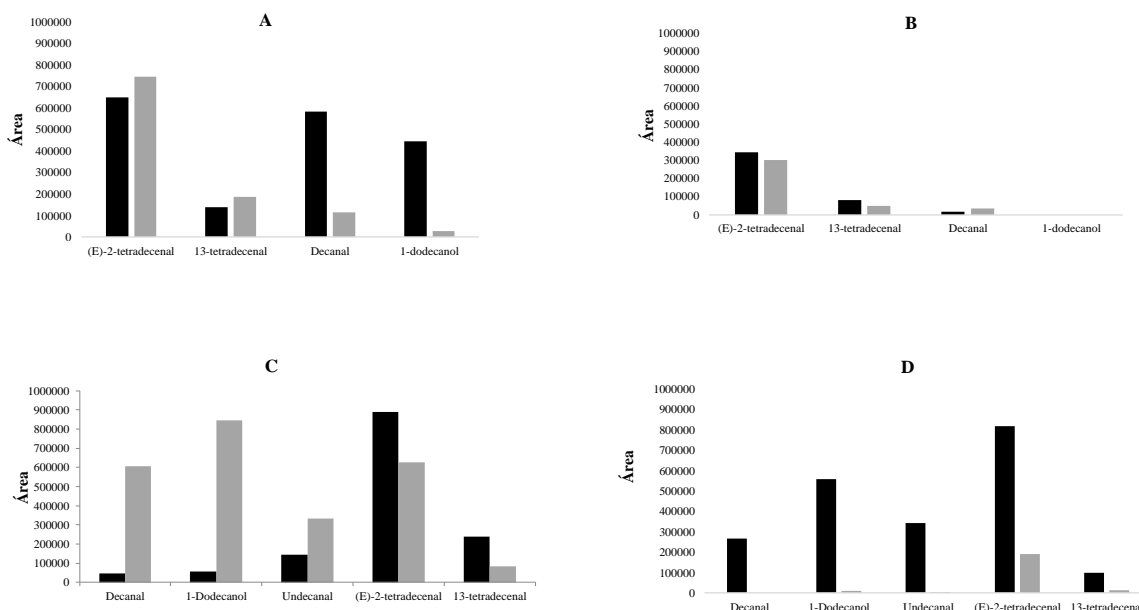


Figura 5.8. Perfil dos compostos aromáticos identificados no produto não lavado presentes nas amostras pós-colheita (■) e nas amostras do produto final embalado, armazenado após 24h a 4°C (▣). Em que: A e B -Área dos compostos aromáticos identificados na quinta A, no início e no final do tempo de prateleira do produto, respetivamente; C e D -Área dos compostos aromáticos presentes no início e final de vida do produto relativo às amostras provenientes na quinta B, respetivamente.

De acordo com a figura 5.8, observa-se que na quinta A há um decréscimo dos compostos aromáticos durante o tempo de prateleira, quer na amostra referente à colheita, como na amostra alusiva ao produto final. Contudo a quinta B, apresenta resultados diferentes, verificando que o produto final embalado no fim do tempo de vida aumenta a intensidade de alguns compostos, como é o caso do decanal e do (E)-2-tetradecenal. Também se observa que ocorre uma perda da maioria dos seus compostos. Esta diferença evidenciada entre as quintas pode ter ocorrido devido a diversos fatores, entre os quais condições climáticas, práticas agrícolas e transporte. Em pesquisas bibliográficas foi evidenciado que a composição e conteúdo do óleo essencial das plantas varia consoante o tipo de solo, altitude, condições climáticas, fatores sazonais, luminosidade e stress hídrico (Bart *et al*, 2010; Dudareva *et al*, 2013; Ebrahimi *et al*, 2010). Os fatores evidenciados podem ter provocado a diferença existente entre as quintas, o que requer futuros estudos.

O transporte também poderá ter tido influência nos resultados obtidos, uma vez que na deslocação das amostras da quinta A para a quinta B pode ocorrer variações de temperatura, causando stress na planta. Isto pode ter originado a perda antecipada de alguns dos seus compostos. Outro fator a ter em conta é a hora de colheita das amostras, como referido anteriormente.

5.2.3 Impacto do processamento entre produto lavado e não lavado

Com base na análise cromatográfica GC-SPME-MS, são observadas diferenças nas embalagens entre o produto lavado e não lavado, contudo refere-se que ambos os produtos advêm de variedades diferentes de coentros.

Assim, verifica-se que em ambas as quintas a perda dos compostos é superior nas amostras referentes ao produto lavado. As amostras pertencentes à quinta B, embora também evidenciem perda dos compostos identificados, é menor em relação à perda que se observa na quinta A, na amostra de produto lavado, pois observa-se ainda a presença de 3 compostos em pequenas quantidades na quinta B, enquanto que na A só foram observados 2 compostos no final do tempo de vida do produto lavado –figura 5.4.

Acerca das amostras do produto não lavado verifica-se que também ocorre a perda de compostos nas amostras de ambas as quintas. Porém, no final de vida do produto não lavado proveniente da A, nenhum composto foi identificado no GC-MS. Por outro lado, nas amostras correspondentes à quinta B verifica-se uma diminuição de todos os compostos identificados, à exceção do (E)-2-dodecenal, que apresenta um aumento não significativo.

Segundo Morales-Payan & Pablo (*s.d.*), as variedades de coentros são sensíveis ao calor ambiental e fotoperíodo, contudo as variedades designadas de “slow bot” são menos sensíveis à temperatura e comprimento do dia, sendo apropriadas para a produção de folhas de coentros no verão. Este tipo de variedade usualmente apresenta folhas aromáticas intensas. Desta forma, podemos também dizer que estas diferenças podem estar relacionadas com o facto de estarmos a falar de diferentes variedades utilizadas para os dois tipos de produto distintos. Para além disso, os fatores ambientais, como por exemplo a velocidade do vento, e práticas agronómicas também afetam a produção dos coentros, assim como a localização geográfica e fertilização exerce influência sobre o conteúdo do óleo essencial presente na planta do coentro (El-Zaeddi *et al*, 2016; Kofidis *et al*, 2008).

Em síntese, e de acordo com as análises cromatográficas realizadas às embalagens dos dois produtos, observa-se que o produto lavado apresenta uma redução superior, ao nível dos compostos aromáticos presentes no aroma do coentro das amostras provenientes da quinta A, em comparação com as amostras correspondentes à quinta B. Isto pode ter a ver com o facto de, no processo de lavagem, o produto atravessar uma série de processos mecânicos que ajudam na libertação do aroma antecipadamente, fazendo com que o perca rapidamente ao longo do seu tempo de vida. Isto pode ocorrer devido à existência da via LOX, conhecida pela conversão dos ácidos gordos insaturados em álcoois e aldeídos alifáticos em condições de stress. Neste caso,

tanto a temperatura, como a colheita e o processo mecânico podem ser variáveis que levam a uma condição de stress, o que conduz à libertação deste aldeídos e álcoois ocorra precocemente nas amostras referentes à quinta A (Schwab *et al*, 2008). Contrariamente, na quinta B, a presença de aldeídos e álcoois ainda é observada no final de vida do produto, sendo que é verificado um aumento do (E)-2-dodecenal no caso do produto não lavado, o que pode ser explicado pelo facto de as condições de stress presentes na quinta B (condições agronómicas e climáticas) terem possibilitado a libertação tardia destes compostos, havendo ainda assim presença destes compostos no final de vida do produto.

No que diz respeito às cromatografias realizadas através do método GC-SPME, verifica-se o decréscimo dos compostos identificados presentes nas amostras do coentro dos dois produtos, de ambas as quintas. No entanto, na quinta B observa-se um aumento dos principais compostos no produto final não lavado e na amostra pós-colheita do produto lavado. Na A apenas se verifica uma diminuição dos compostos principais. Estas diferenças podem ter a ver com o facto de na quinta A os metabolitos secundários serem libertados mais cedo devido a uma série de fatores ambientais e agronómicos. Em contrapartida, as condições proporcionadas pela quinta B faz com que a libertação dos metabolitos secundários ocorra mais tarde. O processo mecânico da lavagem pode ter coadjuvado na diferença observada entre as duas quintas.

5.3 Comparação do processo de produção do produto lavado com o produto final da concorrência

Neste projeto também se procedeu a análise de uma embalagem de coentros cortados lavados, de forma a verificar a existência de diferenças na intensidade do aroma produzido pelos coentros, assim como avaliar a sua qualidade no final de vida do produto. Foram identificados na amostra de coentros lavados cortados, apenas dois compostos: o (E)-2-tetradecenal e (E)-2-tridecenal. No final de vida do produto em questão apenas evidenciou um composto, o (E)-2-tetradecenal, como se verifica na figura 5.9. Observa-se também, a diminuição do (E)-2-tetradecenal no fim de vida do produto em questão.

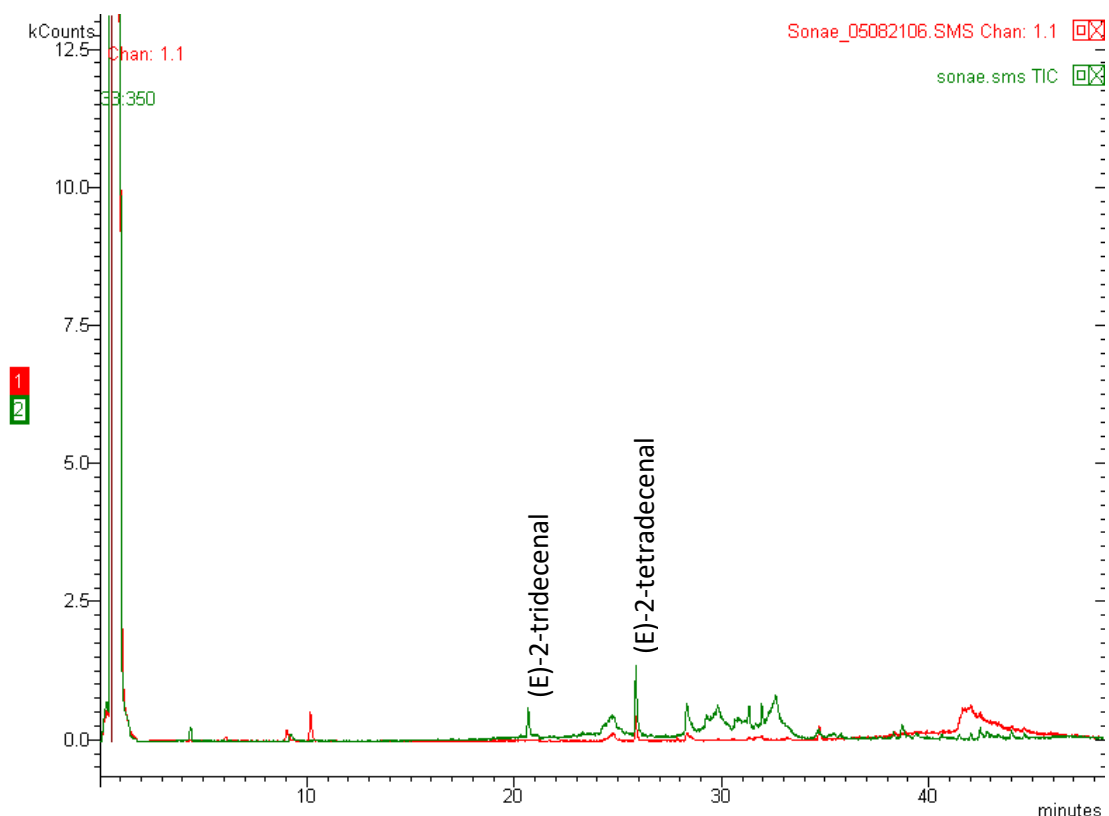


Figura 5.9. Cromatograma referente á amostra da embalagem do produto lavado cortado de coentros. Sendo que — corresponde ao primeiro dia do tempo de vida do produto (P0) e — ao último dia do tempo de vida do produto (P+9).

Pode observar-se que existem diferenças entre as amostras de coentros lavados cortados e coentros lavados, apesar de existir a possibilidade de serem diferentes variedades. Nos coentros lavados cortados apenas foi conseguida a identificação de dois compostos, que após os nove dias apenas apresentou uma concentração mínima de (E)-2-tetradecenal. Por outro lado, os coentros lavados, como foi referido anteriormente apresenta seis compostos sendo o maioritário o (E)-2-tetradecenal (figura 5.2). No final de vida do produto lavado a amostra de coentro analisada exibe uma diminuição dos compostos aromáticos identificados. Na comparação entre os produtos, verifica-se que a intensidade dos compostos aromáticos dos coentros lavados é maior em relação aos coentros lavados cortados, não só pelo facto de evidenciar um maior número de compostos mas também por exibir uma intensidade maior no final de vida do produto. É de realçar o facto de, no final de vida do produto lavado, também se verifica a diminuição da intensidade dos seus compostos, no entanto exibe quantidades altas comparativamente com o final de vida do produto lavado cortado.

Estas diferenças podem dever-se aos fatores discutidos nos pontos anteriores, contudo é necessário a realização de pesquisas futuras que estabeleçam o impacto destes fatores no aroma do coentro.

É de referir também que numa investigação levada a cabo por Smallfield *et al*, citado por Quynh *et al* (2010), observou que os níveis de aldeídos diminuía durante o armazenamento de coentros picados e que os níveis de álcoois aumentavam, o que poderia estar relacionado com a presença de uma oxidoreductase não específica. No entanto, num estudo conduzido por Quynh *et al* (2010) repararam na presença de um aldeído alifático reductase sobre folhas de coentro vietnamitas (*Persicaria odorata Lour.*), que tem influência sobre as alterações de álcoois relacionadas com os aldeídos correspondentes. No mesmo estudo observaram também que quando as folhas do coentro são cortadas e deixadas ao ar livre por um longo período de tempo, duas enzimas são ativadas (aldeído alifático reductase e aldeído alifático desidrogenase), causando a diminuição do intenso odor característico dos aldeídos, acompanhado pelo aumento dos odores voláteis relacionados com os álcoois ou ácidos. Isto sugere que o processamento alimentar influencia a qualidade do sabor desta erva (Quynh *et al* 2010). Embora no presente projeto não se proceda a uma observação minuciosa do comportamento fisiológico da planta e variáveis condicionantes, verifica-se que os coentros lavados cortados apresentam menor intensidade no seu aroma comparativamente ao produto lavado, tal facto pode estar relacionado com o mencionado por Quynh *et al* (2010).

5.4 Análise do aroma de 3 variedades de coentro

No presente trabalho também foi realizada uma análise a três variedades de coentros, de forma a avaliar o seu potencial uso comercial como produto não lavado. Refere-se que foram retiradas amostras de ambas as quintas, com a exceção da variedade *co.*, que apenas foi possível retirar uma amostra proveniente da quinta B. Apenas foi retirada uma amostra na colheita de cada variedade para análise através da técnica GC-SPME.

De acordo com as análises realizadas às três variedades, observa-se que todas as variedades apresentam aldeídos e álcoois alifáticos, sendo característico do aroma dos coentros. Tal como foi observado nas amostras do produto lavado e não lavado, o composto principal presente nas variedades é o (E)-2-tetradecenal. Inicialmente, é possível visualizar que, na quinta A, a amostra referente à variedade *car.* apresenta valores elevados dos principais compostos constituintes do aroma do coentro, em relação à variedade *cru.* Por outro lado, na amostra proveniente da quinta B verifica-se que tanto a variedade *car.* como a *cru.* apresenta valores mais baixos, quando comparados com os resultados das amostras da quinta A.

Embora haja perda dos compostos ao longo dos dias, observa-se que a perda é maior na quinta B para ambas as variedades. Também é possível visualizar que as variedades se adaptam de

maneira diferentes nas quintas. Por exemplo, na quinta A a variedade *car.* apresenta uma intensidade maior dos seus compostos constituintes do aroma do coentro, comparativamente à quinta B. Refere-se ainda que a perda dos compostos nesta variedade é mais acentuada na B, com destaque para a perda quase completa de alguns compostos maioritários, como é o caso, do decanal. No que diz respeito à variedade *cru.* os valores obtidos dos compostos em ambas as quintas são similares, no entanto ocorre uma perda maior dos compostos na quinta B, como se observa na figura 5.10.

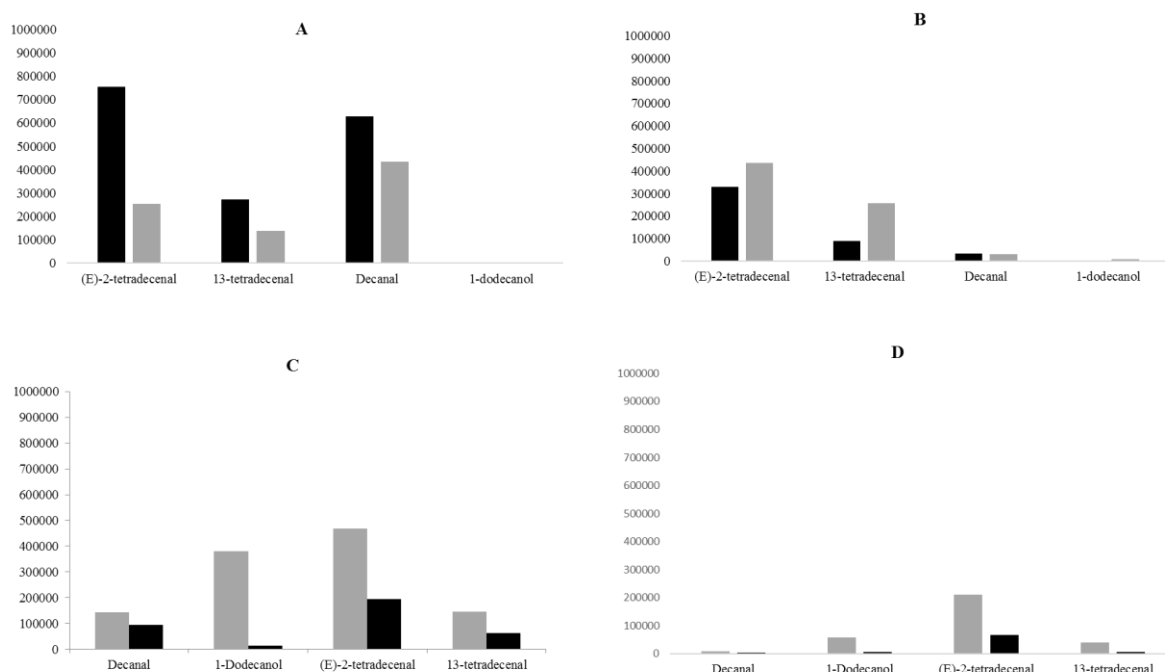


Figura 5.10. Perfil dos principais compostos aromáticos identificados nas amostras das novas variedades de coentros: sendo ■ amostras pós-colheita da variedade *cru.* e ■ amostras pós-colheita da variedade *car.* Em que, (A) compostos aromáticos identificados na quinta A, no início do tempo de prateleira do produto; (B) compostos aromáticos identificados na quinta A, no final do tempo de prateleira do produto; (C) compostos aromáticos identificados na quinta B, no início do tempo de prateleira do produto; (D) compostos aromáticos identificados na quinta B, no final do tempo de prateleira do produto.

Estes resultados evidenciam que as variedades se comportam de maneira diferente nas quintas, uma vez que as condições ambientais e agronómicas são distintas entre as quintas. Segundo Sahib *et al* (2012) a composição dos óleos essenciais depende da variabilidade biológica e geográfica. Ou seja, verifica-se que a variedade *car.* se adapta melhor as condições da quinta A, uma vez que a perda dos seus compostos ao longo dos dias é menor em comparação com as amostras provenientes da quinta B, em que a variedade *car.* perde a intensidade do seu aroma, sendo apenas dois os compostos ainda presentes no final de vida da amostra, o (E)-2-tetradecenal e 13-tetradecenal. No caso da variedade *cru.*, esta não apresenta diferenças

significativas entre as amostras provenientes de ambas as quintas, pelo que poderá ser uma variedade que se adapte bem a diferentes alturas do ano. É de salientar também que as amostras referentes ao produto não lavado provenientes da quinta B apresentaram também uma redução dos compostos identificados após a colheita, contudo a sua concentração aumentou depois do embalamento, sugerindo a possibilidade de ocorrer o mesmo com as variedades testadas, ocorrendo a retenção dos compostos responsáveis pelo aroma do coentro.

No que diz respeito à variedade *co.*, que apenas foi analisada uma amostra referente à quinta B, pode afirmar-se que não apresentam os compostos aromáticos com a mesma intensidade que as restantes variedades analisadas. De facto a variedade *co.*, ainda que apresenta o (E)-2-tetradecenal como composto maioritário na sua constituição, detém um valor muito baixo, comparativamente às outras variedades testadas. Além disso, a figura 5.11 indica que esta variedade perde todos os seus compostos no final de nove dias.

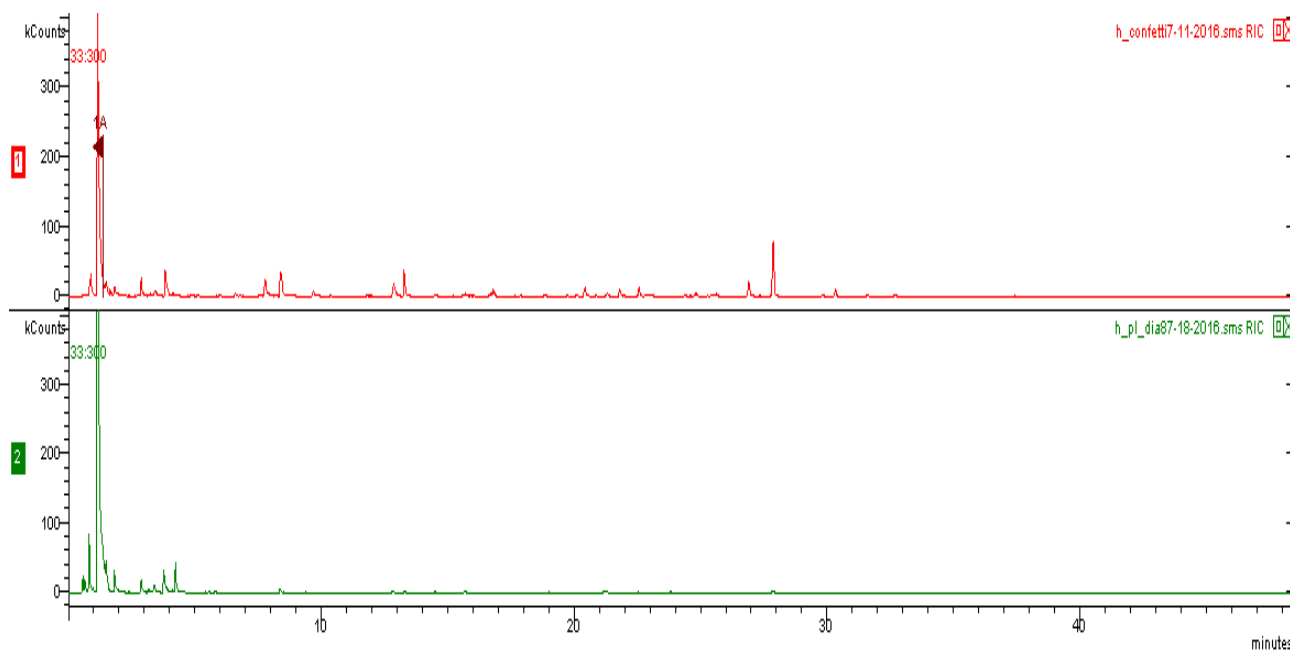


Figura 5.11. Cromatogramas referente à amostra da variedade *co.* O cromatograma 1 (—) corresponde ao 1º dia do início do tempo de prateleira do produto e o cromatograma 2 (—) corresponde ao último dia do tempo de prateleira do produto.

Ebrahimi *et al* (2010), concluiu que a variação da composição do coentro e do conteúdo do óleo essencial varia com fatores genéticos, ambientais e agronômicos. O mesmo foi corroborado por Sangwan *et al* (2001), afirmando que a produção de óleos essenciais não só depende do estado de desenvolvimento metabólico, mas também com a fisiologia de toda a planta, salientando a importância dos fatores eco fisiológicos e ambientais na produção de óleos essenciais.

Desta forma, as variedades analisadas apresentam diferenças que podem ser devido aos fatores referidos anteriormente. Contudo, estas variedades apresentam similares resultados aos anteriormente obtidos na colheita da variedade comercial do produto não lavado proveniente da quinta B, sugerindo a possibilidade de utilização das variedades a nível comercial. No entanto, é necessário avaliar o produto pós-embalamento, de modo a observar se o comportamento é similar ao produto não lavado embalado.

6. Conclusão

O aroma presente na folha do coentro possui uma percentagem maior de aldeídos alifáticos, seguido de álcoois de cadeia longa, o que está de acordo com diversos estudos científicos. Este facto foi evidenciado por Potter *et al* (1990), referido por Pauli (2001), em que 60% do conteúdo total do aroma da folha era representado por aldeídos α -insaturados.

No presente projeto, os principais constituintes do aroma do coentro, identificados através do método GC-SPME, foram o (E)-2- Tetradecenal, o decanal e o 13-tetradecenal. No que diz respeito aos principais compostos identificados pela conjugação dos métodos GC-SPME-MS foi novamente o (E)-2- Tetradecenal e o cis-9-hexadecenal. No caso das amostras provenientes da quinta B o composto (E)-2-dodecenal também apresentou uma intensidade elevada.

Na análise realizada ao produto lavado verifica-se que ambas as quintas vão perdendo os compostos aromáticos constituintes do aroma do coentro ao longo do tempo de prateleira, no entanto a quinta A, após o processo mecânico, apresenta maior intensidade no aroma em relação à quinta B. Contudo, nas análises realizadas ao produto não lavado, os resultados foram distintos, verificando-se que a quinta B apresentava um aumento dos compostos constituintes do aroma após o embalamento dos coentros, comparativamente com a quinta A que foi observado uma diminuição dos compostos presente no aroma. Esta disparidade verificada entre as quintas pode ser devido a diversos fatores, destacando as condições ambientais, agronômicos e fisiologia da planta. Porém, é observado que os constituintes identificados na colheita do produto lavado referentes a amostra da quinta B aumentam a sua intensidade, o que pode significar que os seus compostos sejam libertados mais tardiamente em relação à quinta A. Isto pode dever-se à existência de uma via LOX, pois as amostras são sujeitas a diferentes condições de stress entre ambas as quintas, o que leva a reagirem de forma distinta. Por outro lado, poderá afirmar-se que os compostos na quinta A são libertados antecipadamente, pois a perda da intensidade dos compostos constituintes do aroma em ambas as quintas é observada, contudo a é maior a perda destes compostos na amostra do produto não lavado, verificando-se até a carência de alguns compostos. É de referir que as mudanças metabólicas no sabor é o resultado da síntese ou catabolismo de compostos responsáveis pelo sabor ou compostos responsáveis pelos *off-flavors*. Estes processos metabólicos são dependentes da fisiologia do produto, que é influenciado pela maturidade e pela variedade ambiental, manuseamento e fatores existentes no processo (Ayala-Zavala *et al*, 2009).

Conclui-se então que as condições e da quinta B e a época do ciclo de produção do verão, são mais favoráveis a desenvolver e manter o aroma ao longo do tempo de prateleira do produto não lavado embalado. Em relação à quinta A, as condições e a época do ciclo de produção de

primavera são mais favoráveis no que toca ao produto lavado embalado, uma vez que a perda dos compostos identificados no GC-SPME-MS é menor, em comparação com a quinta B. No entanto, os resultados obtidos no produto lavado podem ter a ver com o facto da libertação dos compostos ocorrerem em momentos distintos, ou seja a quinta A liberta os compostos antecipadamente, o que em conjugação com o processo de lavagem, perdurem mais tempo, sendo menor a perda de compostos. Por outro lado, a quinta B liberta os seus compostos tardiamente, como verificado na amostra da colheita do produto lavado que aumenta a intensidade dos seus compostos aromáticos ao longo dos dias, contudo o processo mecânico faz com que ocorra a perda dos compostos ao longo do tempo de prateleira do produto, sugerindo que a conjugação da libertação tardia dos compostos com o processo mecânico provoque uma perda maior na intensidade do aroma dos coentros. Porém, é de salientar para o facto de as variedades utilizadas nos dois produtos testados são diferentes, pelo que não se descarta a hipótese do seu comportamento ser diferente nas duas quintas.

No que diz respeito à comparação realizada entre a embalagem do produto lavado cortado e o produto apenas lavado e embalado, denota-se que a intensidade do aroma proveniente do produto lavado embalado é maior, assim como a sua duração ao longo dos dias é perseverante. Assim, é visível que a intensidade do aroma nos coentros lavado embalados é maior e permanece mais intenso ao longo do tempo de prateleira, comparativamente aos coentros lavados cortados. No entanto, estas diferenças requerem mais estudos, de modo a verificar as razões que suportem estas diferenças. Isto pode acontecer devido a condições climatéricas, diferentes variedades, fisiologia da planta, entre outros.

De modo a reconhecer o potencial comercial, foram realizadas análises ao aroma a variedades novas com capacidade de futuramente serem utilizadas como variedades comerciais. Nestas análises, afirma-se que é viável a sua produção, no entanto requer a análise ao aroma após o embalamento, de forma a observar se o comportamento é semelhante ao verificado pela variedade utilizada no produto não lavado. Apenas é possível dizer que ambas as variedades ensaiadas apresentaram maior intensidade de aroma em relação à amostra referente à colheita do produto não lavado proveniente da quinta B. Também se refere que as amostras das novas variedades apresentaram resultados similares aos obtidos na quinta A relativos ao produto não lavado. Além disso, podemos afirmar que as variedades apresentaram um aroma mais intenso na quinta A, o que poderá indicar que estas variedades são consideradas variedades de inverno/outono, adaptando-se melhor às condições proporcionadas pela quinta A. Contudo não se descarta a hipótese de ser cultivado na quinta B, pois poderá ocorrer a intensificação do

aroma após embalagem, tal como ocorre na amostra referente ao produto final não lavado embalado proveniente da quinta B.

7. Perspetivas Futuras

Seguindo as tendências da preservação alimentar, estudos têm-se focado no efeito dos óleos essenciais e sua influência na aceitabilidade sensorial do consumidor. Contudo hoje em dia o consumidor tem aumentado as suas exigências em relação ao aroma/sabor do produto alimentar, dando preferência a produtos naturais. (Azayala-Zavala *et al*, 2009; Ayseli & Ayseli, 2015).

Do ponto de vista comercial, e de acordo com as necessidades do consumidor atual, poderá promover-se a identificação do aroma do produto final na embalagem pelo consumidor, desenvolvendo uma etiqueta que contenha óleo essencial do coentro (constituído pelos principais compostos, como o (E)-2-tetradecenal e o decanal), de modo a empregar o aroma característico do coentro, apelando à compra do produto por parte do consumidor. Deste modo, favorece-se a compra do produto não só pela qualidade exibida mas também pelo sentido sensorial, neste caso o aroma do produto, pois para os consumidores a qualidade está diretamente relacionada com as características sensoriais do produto. É de salientar também que, de entre os vários atributos sensoriais, o aroma e o sabor são considerados grandes indicadores do tempo de prateleira para o consumidor. O equilíbrio dos compostos voláteis e não-voláteis (ésteres, aldeídos, ácidos orgânicos, álcoois superiores, fenóis e outros compostos) está estreitamente relacionado com a aceitação e a qualidade do produto (Silva *et al*, 2014).

A diversidade química que ocorre nas plantas e microrganismos viabiliza uma fonte de compostos ativos, em particular os compostos voláteis, que desempenham um papel eficaz contra doenças pós-colheita devido à sua capacidade de renovação, biodegradabilidade e hipototoxicidade. O mundo está orientado para uma economia verde, e novas cadeias de produção que começam a partir da agricultura e terminam a sua via de volta à agricultura, onde os produtos, co-produtos e subprodutos em conjunto, formam um sistema económico sustentável, utilizando recursos renováveis. Atualmente regulamentos para reduzir produtos químicos são implementados localmente. A adição destes compostos na cadeia de pós-colheita, contra infeções causadas por microrganismos durante armazenamento, permitirá uma melhor proteção da saúde humana e do meio ambiente (Mari *et al*, 2015).

Na área da Engenharia Alimentar, a pesquisa ao nível dos óleos essenciais é focada na otimização dos compostos e incorporação em formulações de filmes edíveis em frutas cortadas e vegetais (Azayala-Zavala *et al*, 2009).

Outra sugestão para apurar o aroma do coentro é colocar uma linha com microexpressores na linha de embalamento antecedentemente ao embalamento, libertando óleos essenciais com os compostos característicos do aroma dos coentros analisados, potenciando assim o seu aroma. Outra proposta para a intensificação do aroma dos coentros seria a libertação de óleos essenciais

dos coentros, aquando da sua receção na fábrica até ao seu embalamento, por forma a intensificar o aroma previamente ao embalamento. Assim será possível apelar às características sensoriais exibidas pelo consumidor, aumentando a possibilidade de compra do produto. No entanto, estas sugestões teriam de ser testadas de forma a serem validadas no produto final.

No presente projeto relativo ao aroma dos coentros, apesar das conclusões obtidas das várias amostras analisadas, é necessária à sua continuação de forma a confirmar os resultados, tendo em conta todas as variáveis, como é o caso da temperatura e práticas agrícolas. Além disso, deveria ser levado a cabo trabalhos no âmbito da fisiologia da planta de modo a compreender a sua reação perante as mais diversas condições, quer ambientais quer agronómicas. É necessário perceber o seu comportamento aos vários fatores abióticos e bióticos. Deste modo existe a possibilidade de melhorar o seu aroma, a partir de uma fase inicial de desenvolvimento da planta. No entanto, teria de se realizar novos ensaios com as diferentes variedades tendo em conta as diversas variáveis mencionadas ao longo do projeto, com o intuito de observar possíveis alterações na análise cromatográfica.

Para além disso, futuramente seria imprescindível a asserção das sugestões de identificação do aroma do coentro, assim como a realização de testes de análise sensorial, de forma a complementar o projeto desenvolvido.

8. Referências Bibliográficas

- Ahmed, J., Shivhare, U. S., & Singh, P. (2004). Colour kinetics and rheology of coriander leaf puree and storage characteristics of the paste. *Food Chemistry*, 605–611. doi:10.1016/S0308-8146(03)00285-1
- Ayala-Zavala, J. S., González-Aguilar, G. A., & Del-Toro-Sánchez, L. (2009). Enhancing Safety and Aroma Appealing of Fresh-Cut Fruits and Vegetables Using the Antimicrobial and Aromatic Power of Essential Oils. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE—Vol. 74*, 84-91. Obtido em 20 de Junho de 2016, de https://www.researchgate.net/publication/38072816_Enhancing_Safety_and_Aroma_Appealing_of_Fresh-Cut_Fruits_and_Vegetables_Using_the_Antimicrobial_and_Aromatic_Power_of_Essential_Oils
- Ayseli, M. T., & Ayseli, Y. I. (2015). Flavors of the Future: Health Benefits of Flavor Precursors and Volatile Compounds in Plant Foods. *Trends in Food Science & Technology*. doi:10.1016/j.tifs.2015.11.005
- Bacher, A. D. (2016). *University of California*. Obtido em 20 de Julho de 2016, de UCLA Department of Chemistry & Biochemistry: <http://www.chem.ucla.edu/~bacher/General/30BL/gc/theory.html>
- Bart, J. C., Palmeri, N., & Cavallaro, S. (2010). Oleochemical sources: basic science, processing and applications of oils. Em *Biodiesel Science and Technology - From soil to oil* (pp. 62–113). Woodhead Publishing Series in Energy.
- Begnami, A., Duarte, M., Furletti, V., & Rehder, V. (2010). Antimicrobial Potential of *Coriandrum sativum* L. against different *Candida* species in vitro. *Food Chemistry*, 118, 74-77. doi:10.1016/j.foodchem.2009.04.089
- Belitz, H.-D., Grosch, W., & Schieberle, P. (2009). Aroma Compounds. Em H.-D. G. Belitz, *Food Chemistry* (pp. 340-402). Verlag Berlin Heidelberg: Springer.
- Bhat, S., Kaushal, P., Kaur, M., & Sharma, H. K. (2014). Coriander (*Coriandrum sativum* L.): Processing, nutritional and functional aspects. *African Journal of Plant Science*, 26-32.

Obtido em 12 de Julho de 2016, de http://www.academicjournals.org/article/article1390549943_Bhat%2520et%2520al.pdf

- Cadwallader, K. R., Benitez, D., Pojjanapimol, S., Suriyaphan, O., & Singh, T. (2005). Characteristic Aroma Components of the Cilantro Mimics. Em C. Frey, & R. Rouseff, *Natural Flavors and Fragrances* (pp. 117-128). Washington: ACS Symposium Series; American Chemical Society. doi:10.1021/bk-2005-0908.ch008
- Cadwallader, K., Surakarnkul, R., Yang, S.-P., & Webb, T. (1999). Character-impact aroma components of Coriander (*Coriandrum Sativum* L.) Herb. Em F. Shahidi, & C.-T. Ho, *Flavor Chemistry of Ethnic Foods* (pp. 77-84). New York: Kluwer Academic / Plenum.
- Carrubba, A. (2009). Nitrogen fertilisation in coriander (*Coriandrum sativum* L.): a review and meta-analysis. *J Sci Food Agric*, 89, 921–926. doi:10.1002/jsfa.3535
- Carzola, F., Vázquez, M., Rosales, J., Arrebola, E., Navarro, J., Pérez-García, A., & Vicente, A. (2005). First Report of Bacterial Leaf Spot (*Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola*) of Coriander in Spain. *J. Phytopathology*, 181–184.
- Cha, E.-J., Won, M.-M., & Lee, D.-S. (2009). Analysis of Flavor Composition of Coriander Seeds by Headspace Mulberry Paper Bag Micro-Solid Phase Extraction. *Bull. Korean Chem. Soc.*, 30, 2675- 2679.
- Christaki, E., Bonos, E., & Giannenas, I. &.-P. (2012). Aromatic plants as a source of bioactive compounds. *Agriculture 2012*, 2, 228-243.
- Craker, L. E. (2007). Medicinal and Aromatic Plants - Future Opportunities. *Botanicals and Medicinals* (Issues in new crops and new uses J. Janick and A. Whipkey (eds.), 248-257.
- Curutchet, A., Dellacassa, E., Ringuélet, J., Chaves, A., & Viña, S. (2014). Nutritional and sensory quality during refrigerated storage of fresh-cut mints (*Mentha piperita* and *M. spicata*). *Food Chemistry* 143, 231-238. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.117>

- Delaquis, P. J., Stanich, K., Girard, B., & Mazza, G. (2002). Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology*, 74, 101-109.
- Dias, M. I. (2011). *Caracterização química e molecular de amostras de Coriandrum sativum L. obtidas in vivo e in vitro*. Instituto Politécnico de Bragança, Escola Superior Agrária. Obtido em 22 de Maio de 2016, de <https://bibliotecadigital.ipb.pt/bitstream/10198/6813/1/Tese.pdf>
- Diederichsen, A. (1996). *Coriander (Coriandrum sativum L.)*. Gatersleben: International Plant Genetic Resources Institute.
- Divya, P., Puthusseri, B., & Neelwarne, B. (2014). The effect of plant regulators on the concentration of carotenoids and phenolic compounds in foliage of coriander. *Food Science and Technology*, 56, 101-110. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2013.11.012>
- Donega, M. A., Mello, S. C., Moraes, R. M., & Cantrell, C. L. (2013). Nutrient uptake, biomass yield and quantitative analysis of aliphatic aldehydes in cilantro plants. *Industrial Crops and Products*, 44, 127-131. doi:10.1016/j.indcrop.2012.11.004
- Duarte, A., Luís, A., Oleastro, M., & Domingues, F. (2016). Antioxidant properties of coriander essential oil and linalool and their potential to control *Campylobacter* spp. *Food Control*, 61, 115-122. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.09.033>
- Dudareva, N., Klempien, A., Muhlemann, J. K., & Kaplan, I. (2013). Biosynthesis, function and metabolic engineering of plant volatile organic compounds. *New Phytologist*, 198, 16-32.
- Ebrahimi, S. N., Hadian, J., & Ranjbar, H. (2010). Essential oil compositions of different accessions of *Coriandrum sativum* L. from Iran. *Nat. Prod. Res.*, 24(24), 1287–1294. doi:10.1080/14786410903132316
- El-Zaeddi, H., Calín-Sánchez, Á., Martínez-Tomé, J., Noguera-Artiaga, L., Burló, F., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2016). Irrigation dose and plant density affect the essential

- oil content and sensory quality of parsley (*Petroselinum sativum*). *Scientia Horticulturae*, 206, 1-6.
- El-Zaeddi, H., Martínez-Tomé, J., Calín-Sánchez, Á., Burló, F., & Carbonell-Barrachina, Á. A. (2016). Volatile Composition of Essential Oils from Different Aromatic Herbs Grown in Mediterranean Regions of Spain. *Foods*, 1-13. doi:10.3390/foods5020041
- Eyres, G., Dufour, J.-P., Hallifax, G., Sotheeswaran, S., & Marriott, P. J. (2005). Identification of character-impact odorants in coriander and wild coriander leaves using gas chromatography-olfactometry (GCO) and comprehensive two-dimensional gas chromatography–time-of-flight mass spectrometry (GC× GC–TOFMS). *Journal of separation science*, 28(9-10), 1061-1074.
- Fisk, I. (2015). Aroma release. Em J. Parker, S. Elmore, & L. Methven, *Flavour Development, Analysis and Perception in Food and Beverages* (pp. 105-123). United Kingdom: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.
- Fuente, E. B., Gil, A., Lenardis, A., Pereira, M., Suárez, S., Ghersa, C., & Grass, M. (2003). Response of winter crops differing in grain yield and essential oil production to some agronomic practices and environmental production to some agronomic practices and environmental. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 159–169.
- Gabinete de planeamento e Políticas, M. d. (2013). *As Plantas Aromáticas Mediciniais e Condimentares*. Obtido em 29 de Setembro de 2015, de http://www.gpp.pt/IPAM/Estudo_PAM_final.pdf
- Gigot, C., Ongena, M., Fauconnier, M.-L., Wathélet, J.-P., Jardin, P. D., & Thonart, P. (2010). The lipoxygenase metabolic pathway in plants: potential for industrial production of natural green leaf volatiles. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 14(3), 451-460. Obtido em 20 de Junho de 2016, de <http://www.pressesagro.be/base/text/v14n3/451.pdf>
- Gil, A., Fuente, E. B., Lenardis, A. E., Pereira, M. L., Suarez, S. A., Bandoni, A., . . . Ghersa, C. M. (2002). Coriander Essential Oil Composition from Two Genotypes Grown in Different Environmental Conditions. *J. Agric. Food Chem.*, 50, 2870-2877.

- Gulçin, I., Elmastas, M., & Aboul-Enein, Y. (2007). Determination of antioxidant and radical scavenging activity of basil (*Ocimum Basilicum* L. Family Lamiaceae) assayed by different methodologies. *Phytotherapy Research*, 21(4), 354-361.
- Joy, P. P., Thomas, J., Mathew, S., Jose, G., & Joseph, J. (2001). *Aromatic plants. Tropical Horticulture Vol. 2.* (eds. Bose, T.K., Kabir, J., Das, P. and Joy, P.P.). Naya Prokash, Calcutta. Obtido em 4 de Outubro de 2016, de http://www.jonnсарomatherapy.com/pdf/Joy_Aromatic_Plants_2002.pdf
- Kamat, A., Pingulkar, K., Bhushan, B., Gholap, A., & Thomas, P. (2003). Potential application of low dose gamma irradiation to improve the microbiological safety of fresh coriander leaves. *Food Control*, 14, 529-537. doi:10.1016/S0956-7135(02)00116-0
- Kiralan, M., Calikoglu, E., Ipek, A., Bayrak, A., & Gurbuz, B. (2009). Fatty Acid and Volatile Oil Composition of different coriander (*coriandrum sativum*) registered varieties cultivated in Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 45, 100-102. Obtido em 20 de Junho de 2016, de https://www.researchgate.net/publication/244500682_Fatty_acid_and_volatile_oil_composition_of_different_coriander_Coriandrum_sativum_registered_varieties_cultivated_in_Turkey
- Kofidis, G., Giannakoula, A., & Ilias, I. F. (2008). Growth, anatomy and Chlorophyll fluorescence of coriander plants (*coriandrum sativum* L.) treated with prohexadione-calcium and Diaminoze. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 55-62.
- Kohara, K., Kadomoto, R., Kozuka, H., Sakamoto, K., & Hayata, Y. (2006). Deodorizing Effect of Coriander on the Offensive Odor of the Porcine Large Intestine. *Food Sci. Technol. Res.*, 38-42.
- Krusong, W., Teerarak, M., & Laosinwattana, C. (2015). Liquid and vapor-phase vinegar reduces *Klebsiella pneumoniae* on fresh coriander. *Food control*, 50, 502-508. doi:10.1016/j.foodcont.2014.09.051

- Kusch, P., & Knupp, G. (2004). Headspace-SPME-GC-MS Identification of Volatile Organic Compounds Released from Expanded Polystyrene. *Journal of Polymers and the Environment*, *12*, 83-87.
- Lanciotti, R., Gianotti, A., Patrignani, F., Belletti, N., Guerzoni, M., & Gardini, F. (2004). Use of natural aroma compounds to improve shelf-life and safety of minimally processed fruits. *Trends in Food Science & Technology*, *15*, 201-208. doi:10.1016/j.tifs.2003.10.004
- Laribi, B., Kouki, K., M'Hamdi, M., & Bettaieb, T. (2015). Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. *Fitoterapia*, *103*, 9-26. doi:10.1016/j.fitote.2015.03.012
- Lenardis, A. E., Baren, C. V., Lira, P. D., & Ghersa, C. M. (2007). Plant–soil interactions in wheat and coriander crops driving arthropod assemblies through volatile compounds. *Europ. J. Agronomy*, *26*, 410–417. doi:10.1016/j.eja.2006.12.007
- Lubbe, A., & Verpoorte, R. (2011). Cultivation of medicinal and aromatic plants for specialty industrial materials. *Industrial Crops and Products*, *34*, 785-801. Obtido em 1 de Outubro de 2015, de https://www.researchgate.net/publication/251618126_Cultivation_of_medicinal_and_aromatic_plants_for_specialty_industrial_materials
- Mandal, S., & Mandal, M. (2015). Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: Chemistry and biological activity. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 421–428. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.apjtb.2015.04.001
- Mari, M., Bautista-Baños, S., & Sivakumar, D. (2015). Decay control in the postharvest system: Role of microbial and plant volatile organic compounds. *Postharvest Biology and Technology*, 1-11. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2016.04.014
- Matasyoh, J. C., Maiyo, Z. C., Ngure, R. M., & Chepkorir, R. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum*. *Food Chemistry*, 526–529. doi:10.1016/j.foodchem.2008.07.097

- Máthé, Á. (s.d.). *Medicinal and Aromatic Plants . Soils, Plant Growth and crop production - Vol.II*. Obtido em 3 de Outubro de 2016, de <http://www.eolss.net/sample-chapters/c10/e1-05a-26.pdf>
- Medicinal & Aromatic Plants*. (s.d.). Obtido em 28 de Novembro de 2014, de OMICS international: <http://www.omicsgroup.org/journals/medicinal-aromatic-plants.php>
- Menzel, M., & Schreier, P. (2007). Enzymes and Flavour Biotechnology. Em R. G. Berger, *Flavours and Fragances - Chemistry, Bioprocessing and Sustainability* (pp. 490-505). Hannover, Germany: Springer.
- Mills, S., Lee, J., Banerji, G., & Pillai, S. (Julho de 2008). *Plant Medicine* . Obtido de Plant Medicine : <http://www.plant-medicine.com/uploads/WhitleyMAPreport.pdf>
- Morales-Payan, & Pablo, J. (s.d.). *Unesco-EOLSS*. Obtido em 2016 de Agosto de 28, de <http://www.eolss.net/sample-chapters/c10/e1-05a-47.pdf>
- Olle, M., & Bender, I. (2010). The content of oils in umbelliferous crops and its formation. *Agronomy Research 8 (Special Issue III)*, 687–696.
- Pande, K. K., Pande, L., Pande, B., Pujari, A., & Sah, P. (2010). Gas Chromatographic Investigation of *Coriandrum sativum* L. from Indian Himalayas. *New York Science Journal*, 43-47. Obtido em 10 de Maio de 2016, de http://www.sciencepub.net/newyork/ny0306/07_2567_ny0306_43_47.pdf
- Parker, J. (2015). Introduction to aroma compounds in Foods. Em J. Parker, S. Elmore, & L. Methven, *Flavour Development, Analysis and Perception in Food and Beverages* (pp. 3-30). United Kingdom: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. doi:10.1016/B978-1-78242-103-0.00001-1
- Parthasarathy, V., & Zachariah, J. (2008). Coriander . Em V. A. Parthasarathy, B. Chempakam, & J. T. Zachariah, *Chemistry of Spices* (pp. 190-210). UK: CABI.
- Pauli, A. (2001). Antimicrobial properties of essential oil constituents. *The International Journal of Aromatherapy*, 11(3), 126-133. doi:10.1016/S0962-4562(01)80048-5

- Póvoa, O., Farinha, N., Lopes, E., Mendes, J., & Pereira, L. (2014). *Coentros do Alentejo - Conservação do conhecimento tradicional e dos recursos genéticos*. 77'83 ATELIER DE DESIGN. Obtido em 15 de Maio de 2016, de https://issuu.com/c3i-ipp/docs/coentros_do_alentejo
- Quynh, C. T., Iijama, Y., & Kubota, K. (2010). Influence of the isolation Procedure on Coriander Leaf Volatiles with some Correlation to the Enzymatic Activity. *J. Agric. Food Chem.*, 58, 1093–1099.
- Quynh, C. T., Iijima, Y., Morimitsu, Y., & Kubota, K. (2009). Aliphatic Aldehyde Reductase activity related to the formation of volatiles alcohols in Vietnamese Coriander leaves. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 73(3), 641-647. doi:<http://dx.doi.org/10.1271/bbb.80709>
- Rashed, N. M., & Darwesh, R. K. (2015). A comparative study on the effect of microclimate on planting date and water requirements under different nitrogen sources on coriander (*Coriandrum sativum*, L.). *Annals of Agricultural Science*, 60(2), 227–243. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.aos.2015.10.009>
- Ravi, R., Prakash, M., & Bhat, K. K. (2007). Aroma Characterization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) oil samples. *European food Research and Technology*, 225, :367–374. doi:10.1007/s00217-006-0425-7
- Ridgway, K., Lalljie, S. P., & Smith, R. M. (2010). Analysis of food taints and off-flavours: a review. *Food Additives and Contaminants: Part A: Chemistry, Analysis, Control, Exposure & Risk Assessment*, 27, 146-168. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/19440040903296840>
- Rowe, D. (2000). More Fizz for Your Buck: High-impact Aroma Chemicals. *Perfumer & Flavorist magazine*, 25, 1-19. Obtido em 16 de maio de 2016, de <http://www.riversidearomatics.com/pdf/High%20Impact%20Aroma%20Chemicals%20I%20-%20More%20Fizz%20For%20Your%20Buck.pdf>
- Sagawa, T. (2015). Development of GC-MS analysis methods for essential oil distributed nonuniformly in foods. *Shimadzu Journal*, 3, 42-46. Obtido em 25 de Maio de 2016, de http://www.shimadzu.com/an/journal/content_vol3_iss2/shimadzu_journal3-2.pdf

- Sahib, N. G., Anwar, F., Gilani, A.-H., Hamid, A. A., Saari, N., & Alkharfy, K. M. (2012). Coriander (*Coriandrum sativum* L.): A Potential Source of High-Value Components for Functional Foods and Nutraceuticals - A Review. *Phytother. Res.*
- Sangwan, N., Farooqi, A., Shabih, F., & Sangwan, R. (2001). Regulation of essential oil production in plants. *Plant Growth Regulation*, *34*, 3–21.
- Santos, J., Herrero, M., Mendiola, J., Oliva-Teles, M., Ibáñez, E., Delerue-Matos, C., & Oliveira, M. (2014). Fresh-cut aromatic herbs: Nutritional quality stability during shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*, *59*, 101-107. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.05.019>
- Schaft, P. V. (2015). Approaches to production of natural flavours. Em J. Parker, S. Elmore, & L. Methven, *Flavour Development, Analysis and Perception in Food and Beverages* (pp. 236-248). United Kingdom: Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition.
- Schwab, W., Davidovich-Rikanati, R., & Lewinsohn, E. (2008). Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. *The Plant Journal*, *54*, 712–732.
- Shahwar, M. K., El-Gorab, H. A., Anjum, F. M., Butt, M. S., Hussain, S., & Nadeem, M. (2012). Characterization of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Seeds and Leaves: Volatile and Non Volatile Extracts. *International Journal of Food Properties*, *15*, 736-747. doi:<http://dx.doi.org/10.1080/10942912.2010.500068>
- Sharma, M. M., & Sharma, R. K. (2004). Coriander. Em K. V. Peter, *Handbook of herbs and spices Volume 2* (p. capitulo 9). Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd.
- Shavandi, M. A., Haddadian, Z., & Ismail, M. H. (s.d.). *Eryngium Foetidum* L. *Coriandrum Sativum* and *Persicaria Odorata* L.: A Review. *Journal of Asian Scientific Research*, 410-426. Obtido em 22 de maio de 2016, de <http://www.aessweb.com/pdf-files/jasr%20pp.%20410-426.pdf>

- Silva, G. C., Silva, A. A., Silva, L. S., Godoy, R. L., Quitério, S. L., & Raices, R. S. (2014). Method development by GC-ECD and HS-SPME-GC-MS for beer volatile analysis. *Food Chemistry*. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.033>
- Spencer, R. (December de 2008). *Coriander*. Obtido em 20 de Abril de 2016, de ALBERTA: Agriculture and Forestry: [http://www1.agric.gov.ab.ca/\\$department/deptdocs.nsf/all/agdex121/\\$file/147_20-2.pdf?OpenElement](http://www1.agric.gov.ab.ca/$department/deptdocs.nsf/all/agdex121/$file/147_20-2.pdf?OpenElement)
- Sujatha, Karthika, Sivakamasundari, Mariajancyrani, & Chandramohan. (2014). GC-MS ANALYSIS OF PHYTOCOMPONENTS AND TOTAL ANTIOXIDANT ACTIVITY OF HEXANE EXTRACT OF SINAPIS ALBA. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PHARMACEUTICAL, CHEMICAL AND BIOLOGICAL SCIENCES*, 4, 112-117.
- Surburg, H., & Panten, J. (2006). *Common Fragrance and Flavor Materials: Preparation, Properties and Uses* 5th completely revised and enlarged edition. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA.
- Tamura, H., Maeyama, K., Yoshida, E., & Kori, M. (2013). Aroma Character of Coriander (*Coriandrum Sativum* L.) leaves: Limited odor unit method and sensory perception in preference. Em C.-T. Ho, C. Mussinan, F. Shahidi, & T. Contis, *Nutrition, Functional and Sensory Properties of Foods* (pp. 66-73). RSCPublishing. Obtido em 12 de Julho de 2016, de <https://www.researchgate.net/publication/256077200>
- Telci, I., & Hisil, Y. (2008). Biomass Yield and Herb Essential Oil Characters at different Harvest Stages of Spring and Autumn Sown *Coriandrum sativum*. *Europ.J.Hort.Sci.*, 73(6), 267-272.
- Telci, I., Demirtas, I., Bayram, E., Arabaci, O., & Kacar, O. (2010). Environmental variation on aroma components of pulegone/piperitone rich spearmint (*Mentha spicata* L.). *Industrial Crops and Products*, 588–592. doi:10.1016/j.indcrop.2010.07.009
- Vokk, R., Lõugas, T., Mets, K., & Kravets, M. (2011). Dill (*Anethum graveolens* L.) and Parsley (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) from Estonia: Seasonal Differences in Essential Oil Composition. *Agronomy Research* 9 (*Special Issue II*), 515–520.

- Wierdak, R. N. (2013). Essential Oil Composition of the Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Herb depending on the development Stage. *ACTA AGROBOTANICA*, 66(1), 53–60. doi:10.5586/aa.2013.006
- Wylock, C., Mballa, P. E., Heilporn, C., Debaste, F., & Fauconnier, M.-L. (2015). Review on the potential technologies for aromas recovery from food industry flue gas. *Trends in Food Science & Technology*, 46, 68-74. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2015.08.002
- Yildiz, H. (2015). Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities of Essential Oil and Ethanol Extract of *Coriandrum sativum* L. Leaves from Turkey. *International Journal of Food Properties*. Obtido de <http://dx.doi.org/10.1080/10942912.2015.1092161>
- Zellner, B. d., Dugo, P., Dugo, G., & Mondello, L. (2012). Flavors and Odors. Em Y. Picó, *Chemical Analysis of Food: Techniques and Applications* (pp. 599-663). Elsevier .

Apêndices

Apêndice I

Tabela 1 Exemplo de um protocolo de ensaio de campo desenvolvido com base em Regras Internacionais e Europeias.

Data:		Semana de sementeira:		Campo:																															
Ensaio Coentros	Germinação			Crescimento		Velocidade de Crescimento			Intensidade da cor			Divisão da folha			Atitude			Aptidão			Susceptibilidade a doenças				Sabor			Processabilidade		Observações					
	Lenta	Intermédia	Rápida	uniforme	Irregular	Lento	Moderado	Rápido	Clara	Média	Escura	ligeiramente recortada	recortada	muito recortada	Ereta	Semi-ereta	Horizontal	Primavera	Verão	Inverno	Outono	Tolerâncias	Damping off	Podridões	Bacterioses	oidio	Amargo	ácido	Doce		Fraca	Média	Boa		
Variedade																																			
Variedade																																			
Variedade																																			
Variedade																																			
Variedade																																			
Variedade																																			
Variedade																																			
Variedade																																			
Variedade																																			
Variedade																																			
Variedade																																			
Variedade																																			