



INSTITUTO POLITÉCNICO
DE VIANA DO CASTELO

Susana Andreia Alves da Rocha

Vegetais Pré-Cozinhados Embalados em Atmosfera Modificada

Caso de estudo aplicado às cantinas do IPVC

Dissertação apresentada para a obtenção do grau de Mestre em
Empreendedorismo e Inovação na Indústria Alimentar

Trabalho efectuado sob a orientação do
Professor Doutor Manuel Rui Azevedo Alves

e co-orientação da
Professora Doutora Maria Beatriz Prior Pinto Oliveira

Dezembro de 2010

JÚRI

AGRADECIMENTOS

Gostaria de deixar uma palavra de profunda gratidão a todos aqueles que, directa ou indirectamente, contribuíram para a realização deste trabalho e que me ajudaram a ultrapassar as dificuldades sentidas durante este período especial da minha formação.

Ao meu Orientador e Coordenador do Mestrado, Professor Doutor Manuel Rui Alves pela colaboração e orientação na elaboração desta dissertação;

À minha co-orientadora Professora Doutora Beatriz Oliveira, da Faculdade de Farmácia da UP, pela disponibilidade e apoio científico;

À Engenheira Carla Barbosa, por todo o apoio prestado, disponibilidade e sentido prático revelado em todas as fases que levaram à concretização deste trabalho;

À Professora Doutora Preciosa Pires, coordenadora do Subgrupo de Química pela dispensa de horas de serviço para a realização deste trabalho;

À Dra. Élia Fernandes, pela ajuda e conhecimentos transmitidos no esclarecimento das minhas dúvidas;

Ao docentes, funcionários e alunos ESTG que constituíram o painel sensorial, pela sua disponibilidade e colaboração nas sessões de prova de análise sensorial, contribuindo para a realização de uma parte indispensável deste trabalho;

Aos meus Pais e Familiares, por todo o apoio, motivação e compreensão;

Por último, o meu agradecimento muito especial ao Hugo, pelo apoio e incentivo indispensáveis em todos os momentos da minha vida.

A elaboração da dissertação conduziu à realização dos seguintes trabalhos:

Comunicações em painel:

Miranda, J., Silva, L.M., Rocha, S., Barbosa, C.D., Oliveira, M.B.P.P., Alves, M.R. (2010). Evolution of the Sensory Perception of Defects in Fresh Cut and Boiled Vegetables Stored under MAP related to chemical parameters and acceptability. Poster apresentado no congresso internacional EUROSENSE 2010 - Fourth European Conference on Sensory and Consumer Research, 5-8 de Setembro.

Rocha, S., Barbosa, C.D., Oliveira, M.B.P.P., Alves, M.R. (2010). Nutritional Parameters and Sensory Quality In Cooked Vegetables in MAP. Poster apresentado no 28th International Horticultural Congress, 22-27 de Agosto.

RESUMO

Os vegetais pré-cozinhados, como a couve repolho (*Brassica oleracea* L.) e o feijão verde (*Phaseolus vulgaris* L.), são procurados pelos consumidores por serem um complemento fundamental numa alimentação saudável e equilibrada. É reconhecido que constituem uma importante fonte de micronutrientes e de uma grande variedade de compostos bioactivos com actividade antioxidante. O tempo de vida de produtos tão perecíveis como os vegetais pré-cozinhados é limitado na presença de uma atmosfera normal, devido ao efeito do oxigénio atmosférico que contribui para o crescimento de microrganismos aeróbios. O oxigénio também pode contribuir para o desenvolvimento de reacções químicas enzimáticas e não enzimáticas que conduzem à deterioração. Estes factores, tanto em conjunto como individualmente, produzem alterações nos produtos a nível de odor, sabor, cor e textura, causando uma degradação global do produto. É neste contexto que surge o processo de embalagem em atmosfera modificada (MAP), tendo como objectivo essencial proteger os alimentos destes efeitos adversos.

Neste trabalho avaliou-se o comportamento do embalamento de vegetais pré-cozinhados em atmosfera modificada, durante 20 dias de armazenamento. Inicialmente, foi realizado um estudo preliminar onde foram testadas três atmosferas com diferentes percentagens de oxigénio e dióxido de carbono (0% O₂/40% CO₂; 2,5% O₂/40% CO₂ e 2,5% O₂/60% CO₂), usando azoto para completar. A atmosfera com a composição 0% O₂/40% CO₂ apresentou os melhores resultados, tendo como base o controlo sensorial e físico-químico realizado, e foi a escolhida para o estudo final.

Os vegetais pré-cozinhados foram embalados com uma razão aproximada de volume gás/produto de 3:1 e armazenados durante 20 dias a 5±1°C. A qualidade foi monitorizada através de um parâmetro de qualidade microbiológico (número de microrganismos a 30°C), parâmetros físico-químicos (pH, humidade, cor e actividade antioxidante) e avaliação sensorial (análise quantitativa discriminativa e consumidores). Foram observadas alterações físico-químicas e sensoriais, o que influenciou a sua aceitação pelos consumidores. Verificou-se uma diminuição gradual da actividade antioxidante e alteração da cor inicial das amostras, sendo mais acentuada nas amostras de feijão verde do que na da couve. Os resultados microbiológicos, embora meramente indicativos, apontam para um tempo de vida útil destes produtos de 18 a 20 dias.

ABSTRACT

Precooked vegetables such as cabbage (*Brassica oleracea* L.) and green beans (*Phaseolus vulgaris* L.) consumption increased due to consumers demand for healthy food as a vital complement to a balanced diet. It is largely recognized that they are an important source of micronutrients and a wide variety of bioactive compounds which have antioxidant activity. The shelflife of perishable products such as precooked vegetables is limited in the presence of a normal atmosphere, due to the effect of atmospheric oxygen which contributes to the growth of aerobic microorganisms. It is also true that this oxygen may contribute to enzymatic and non-enzymatic chemical reactions that lead to deterioration. These factors, both or individually, produce changes in the products at the level of odor, flavor, color and texture, leading to an overall deterioration of the product. In this context, the process of modified atmosphere packaging (MAP), aims to protect foods from these deleterious effects.

In this study the effectiveness of precooked vegetables packed under a modified atmosphere was evaluated over a 20 days storage period. Initially, a preliminary study was carried out with where three atmospheres varying the levels of oxygen and carbon dioxide (0% O₂ / 40% CO₂; 2,5% O₂ / 40% CO₂ and 2,5% O₂/60% CO₂) with nitrogen to complete. The composition of packaging atmosphere with 0% O₂ and 40% CO₂ showed better results, as it was shown by sensory and physicochemical parameters. Therefore this gas combination was used for the final study.

The precooked vegetables were packaged with an approximate ratio of gas volume/product volume of 3:1 and stored over 20 days at 5±1°C. The parameters used to monitor quality evolution during storage were a microbiological determination (total microorganisms count at 30°C) as an indicator of the microbiological growth, physical-chemical determinations (pH, moisture, color and antioxidant activity) and sensory evaluation (quantitative descriptive analyses and consumers analysis). Observed changes in physicochemical and organoleptic properties influenced their acceptance by consumers. There was a gradual reduction in antioxidant activity and changes in total colour difference from the original samples to the last storage day sample, being more pronounced in samples of green beans than in cabbage. These parameters and microbiological results, although only indicative, suggest that is possible to increase lifetime of these products from 18 to 20 days.

ÍNDICE GERAL

Júri.....	II
Agradecimentos.....	III
Resumo.....	V
Abstract	V
Índice Geral.....	VII
Índice de Figuras	X
Índice de Tabelas.....	XII
Lista de Abreviaturas	XIII
1. Introdução.....	14
1.1 Evolução dos produtos alimentares	14
1.2 Enquadramento do estudo	16
1.3 Objectivos.....	17
2. Revisão Bibliográfica.....	18
2.1 Vegetais Pré-cozinhados.....	18
2.1.1 Couve repolho	18
2.1.2 Feijão verde	21
2.2 Alterações Nutricionais nos Vegetais Pré-cozinhados	23
2.2.1 Compostos Bioactivos.....	23

2.2.2	Actividade antioxidante	24
2.3	Embalagem em Atmosfera Modificada.....	26
2.3.1	Materiais de Embalagem	28
2.3.2	Gases de Embalagem	30
2.4	Controlo da Qualidade dos Vegetais	33
2.4.1	Avaliação Microbiológica.....	33
2.4.2	Avaliação Físico-Química	34
2.4.3	Avaliação Sensorial	37
3.	Materiais e Métodos.....	39
3.1	Processamento dos Vegetais Pré-cozinhados e Amostragem	39
3.2	Análises Microbiológicas	41
3.3	Análises Físico-Químicas.....	42
3.3.1	pH.....	42
3.3.2	Humidade.....	42
3.3.3	Cor	42
3.3.4	Actividade antioxidante (método DPPH)	43
3.4	Análise Sensorial.....	44
3.4.1	Estudo preliminar.....	44
3.4.2	Estudo final	44
3.5	Análise Estatística	46
4.	Resultados e Discussão	47

4.1	Seleção da composição da atmosfera da embalagem – estudo preliminar ..	47
4.2	Estudo realizado com a atmosfera 40%CO ₂ /60%N ₂	55
5.	Conclusões Gerais	65
6.	Referências Bibliográficas	67
	Cibergrafia.....	75

APÊNDICES

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Sistema de coordenadas Lab da CIE (adaptado de www.liec.iq.unesp.br).....	36
Figura 2 - Estrutura química do radical DPPH [•]	37
Figura 3 – Fluxograma geral do processo de preparação das amostras.	39
Figura 4 - Amostras de couve repolho (A) e feijão verde (B) após corte.	40
Figura 5 - Amostras de couve repolho (A) e feijão verde (B) após embalagem.	41
Figura 6 – Apresentação das amostras na prova de análise sensorial.	45
Figura 7 - Evolução do teor de O ₂ , CO ₂ e N ₂ no interior das embalagens de couve e feijão verde, embaladas com a combinação 0% O ₂ /40% CO ₂	47
Figura 8 - Evolução do teor de O ₂ , CO ₂ e N ₂ no interior das embalagens de couve e feijão verde, embaladas com a combinação 2,5% O ₂ /40% CO ₂	48
Figura 9 - Evolução do teor de O ₂ , CO ₂ e N ₂ no interior das embalagens de couve e feijão verde, embaladas com a combinação 2,5% O ₂ /60% CO ₂	48
Figura 10- Evolução do parâmetro L [*] da cor ao longo do tempo de armazenamento (valores médios ± desvio padrão).....	50
Figura 11 - Evolução do parâmetro a [*] da cor ao longo do tempo de armazenamento (valores médios ± desvio padrão).....	50
Figura 12 - Evolução do parâmetro b [*] da cor ao longo do tempo de armazenamento (valores médios ± desvio padrão).....	51
Figura 13 – Análise de componentes principais dos aspectos microbiológicos e físico-químicos do estudo preliminar.	53
Figura 14 - Avaliação sensorial das amostras de couve repolho e de feijão verde, tal como efectuada pelos provadores no dia 15 (valores médios).....	53

Figura 15 – Aceitabilidade das amostras de couve repolho e de feijão verde, tal como avaliada pelos consumidores no 15º dia (valores médios).	54
Figura 16 - Evolução do teor de O ₂ , CO ₂ e N ₂ no interior das embalagens de couve e feijão verde ao longo do estudo.	55
Figura 17 - Evolução do parâmetro L* da cor ao longo do tempo de armazenamento (valores médios ± desvio padrão).	57
Figura 18 - Evolução do parâmetro a* da cor ao longo do tempo de armazenamento (valores médios ± desvio padrão).	57
Figura 19 - Evolução do parâmetro b* da cor ao longo do tempo de armazenamento (valores médios ± desvio padrão).	58
Figura 20 – Análise de componentes principais (aspectos físico-químicos do estudo final) correlacionando as amostras de couve repolho (C) e feijão verde (F).	60
Figura 21 – Perfis sensoriais das amostras de couve repolho e de feijão verde após 0, 5, 10 e 15 dias de armazenamento (valores médios).	61
Figura 22 – Representação nas variáveis canónicas, sendo a VC1 a única significativa. ...	62
Figura 23 – Representação nas variáveis canónicas, sendo a VC1 a única significativa. ...	63

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Valor nutricional da couve repolho crua e cozida (por 100 g de parte edível)..	20
Tabela 2 - Valor nutricional do feijão verde cru e cozido (por 100 g de parte edível).....	22
Tabela 3 - Principais polímeros usados em embalagem para produtos alimentares.	29
Tabela 4 - Principais polímeros usados em embalagem para produtos alimentares (continuação).....	30
Tabela 5 - Classificação, segundo a UE, dos gases utilizados nas embalagens com atmosfera modificada e considerados aditivos alimentares (DL 121/1998).	32
Tabela 6 - Composição das atmosferas introduzida no interior da embalagem.	47
Tabela 7 – Resultados obtidos no estudo preliminar para os parâmetros pH, variação de cor (ΔE) actividade antioxidante (EC_{50}) e microrganismos a 30°C (CFU), ao longo de 20 dias de armazenamento.	49
Tabela 8 – Resultados obtidos no estudo final para os parâmetros pH, variação de cor (ΔE), actividade antioxidante (EC_{50}), humidade e microrganismos a 30°C (CFU), ao longo de 20 dias de armazenamento.	56
Tabela 9 – Matriz de correlações entre os parâmetros físico-químicos e o tempo de armazenamento das amostras de couve repolho e feijão verde.....	59
Tabela 10 – Dois primeiros vectores próprios e valores próprios da matriz de correlação.	59
Tabela 11 – Matriz de componentes principais.....	60
Tabela 12 – Identificação das variáveis canónicas (VC) – amostras de couve repolho.....	62
Tabela 13 – Correlação entre atributos sensoriais e variáveis canónicas.....	62
Tabela 14 – Identificação das variáveis canónicas (VC) - amostras de feijão verde.....	63
Tabela 15 – Correlação entre atributos sensoriais e variáveis canónicas.....	63

LISTA DE ABREVIATURAS

Abs	Absorvância
CO ₂	Dióxido de carbono
DPPH	2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo
<i>et al.</i>	e colaboradores
EC ₅₀	Concentração efectiva 50 (concentração necessária para reduzir 50% da concentração inicial de DPPH em solução)
g	Gramma
ISO	International Organization for Standardization
kg	kilograma
l	Litro
MAP	Modified Atmosphere Packaging (Embalagem em Atmosfera Modificada)
mg	Miligrama
min	Minutos
ml	Mililitro
µg	Micrograma
N ₂	Azoto
O ₂	Oxigénio
OMS	Organização Mundial de Saúde
RSA	Radical scavenging activity (Actividade bloqueadora de radicais)
T	Temperatura
UFC	Unidades formadoras de colónias
UV	Ultravioleta
Vis	Visível

1. INTRODUÇÃO

1.1 Evolução dos produtos alimentares

Num mercado global e altamente competitivo surge como factor determinante a capacidade para inovar e dar resposta aos problemas. A inovação alimentar tem sido uma das actividades com maior destaque nos últimos anos, tendo-se expandido de forma gradual e originado áreas de negócio estratégicas no mercado, que provêm também do avanço tecnológico. Daí a necessidade de trazer novos produtos para o sector alimentar, inovadores ou não. O mercado exige cada vez mais a introdução de novas formas de apresentação dos alimentos ao consumidor.

Nas últimas duas décadas, os hábitos alimentares também sofreram grandes alterações em muitos países e novas técnicas de produção, preparação e distribuição de alimentos foram, por sua vez, desenvolvidas (Comissão do *Codex Alimentarius*, 2003). Os produtos alimentares podem ser comercializados de diversas formas, quer em natureza, quer sujeitos a uma preparação prévia seguida de transformação. Assim, hoje em dia, relativamente ao processamento efectuado, são consideradas cinco gamas de produtos: os produtos de 1ª gama, que são os alimentos naturais sem tratamento; os produtos congelados, ou produtos de 2ª gama, que têm a vantagem de se poder conservar durante períodos longos, mantendo características próximas das originais; os produtos de 3ª gama ou produtos enlatados/em conserva, que são produtos cozinhados e esterilizados na própria embalagem, prontos a consumir e conservados à temperatura ambiente por períodos de tempo muito longos (superiores a um ano). Os produtos de 1ª gama hortofrutícolas, deram origem aos produtos de 4ª gama ao serem escolhidos, lavados/desinfectados, cortados e acondicionados em atmosfera modificada, para aumentar o tempo de prateleira dos produtos frescos ou minimamente processados (Veiga *et al.*, 2009). Por último, a 5ª gama industrial diz respeito aos alimentos pré-cozinhados, prontos a consumir como tal ou após um simples aquecimento, e conservados sem congelação, uma vez que resultam de processos de produção que asseguram suficiente estabilidade após confecção (Martins, 2000).

À evolução nas tecnologias de transformação e conservação dos alimentos, e à crescente preocupação por parte do consumidor, a indústria alimentar responde produzindo alimentos adaptados às novas exigências e, simultaneamente, mais sofisticados na sua composição. Assistimos assim, a uma rápida transformação da indústria alimentar nos últimos anos, tentando responder aos desafios da globalização e aumento da concorrência, beneficiando, por outro lado, das inovações e avanços da tecnologia e biotecnologia (FIPA, 2002).

Os produtos prontos a consumir são uma opção de compra cada vez mais em voga por parte dos consumidores, por serem fáceis de preparar e necessitar de menos tempo na sua confecção. O actual modo de vida dos consumidores promoveu uma evolução dos requisitos para os alimentos no que se refere à sua versatilidade, conveniência de utilização, satisfação de consumo, qualidade nutricional e segurança. Actualmente, espera-se que os alimentos não apresentem microrganismos potencialmente patogénicos, nem resíduos químicos ou físicos e que, ao mesmo tempo, tenham elevado valor nutricional e sensorial (Barreto, 2006).

Existe uma maior preocupação com uma dieta alimentar diferente e mais adaptada à enorme variedade de estilos de vida da sociedade moderna. A população portuguesa segue, habitualmente um dieta próxima das conhecidas dieta atlântica e mediterrânica, ambas ricas em vegetais crus e/ou cozinhados, servidos como acompanhamento. O consumo de vegetais é salutar devido ao facto de serem importantes fontes de micronutrientes e de uma grande variedade de compostos bioactivos (ácido ascórbico, carotenóides, tocoferóis e compostos fenólicos) que possuem actividade antioxidante (Podsdek *et al.*, 2006; Lee e Ho, 2002; Kris-Etherton *et al.*, 2002). Estudos epidemiológicos demonstraram a relação dos compostos bioactivos com o menor risco de doenças degenerativas e coronárias (Flood *et al.*, 2002) e são importantes, também na manutenção das características organolépticas dos produtos durante o seu tempo de vida útil (Jimenez-Monreal *et al.*, 2009). A monitorização destes compostos e da sua actividade antioxidante durante o armazenamento é da máxima importância para que a indústria possa adaptar os seus procedimentos de forma a minimizar as perdas na qualidade nutricional e organolépticas dos vegetais.

1.2 Enquadramento do estudo

O presente estudo integra-se num trabalho que está a ser desenvolvido nas cantinas do Instituto Politécnico de Viana do Castelo (IPVC), nomeadamente na avaliação do tempo de vida útil das refeições produzidas.

Os Serviços de Acção Social (SAS) do IPVC têm à disposição dos estudantes sete cantinas que servem refeições diárias completas. A grande dispersão geográfica (por todo o Alto Minho), as grandes diferenças entre cantinas no que diz respeito ao número de refeições servidas para cada cantina, a grande variação devida a dias de semana, almoço/jantar, diferentes períodos do semestre, colocam grandes problemas de gestão e dificuldades em manter a qualidade das refeições servidas.

Uma preocupação diária na confecção das refeições é a diminuição dos custos de produção sem alterar a qualidade dos produtos fornecidos. Isto é, se por um lado se deve diminuir os custos aliados à produção diária, por outro, impõe-se manter os níveis de qualidade dos produtos fornecidos junto dos consumidores.

Os alimentos confeccionados e armazenados nos sistemas de refrigeração têm, habitualmente, um prazo de validade muito curto, apenas podendo ser consumidos até ao final do dia seguinte à data de produção, uma vez que se alteram rapidamente em contacto com o ar. Com vista a diminuir os custos de produção e reduzir os desperdícios e simultaneamente aumentar a qualidade, torna-se indispensável adoptar novas tecnologias. Estas devem também conduzir à conservação da qualidade dos alimentos durante mais tempo. É neste contexto que surge o processo de embalagem em atmosfera modificada, que tem como objectivo essencial proteger os alimentos dos efeitos do ar e da humidade, sobre as reacções químicas e microbiológicas, retardando a sua deterioração. Tal permitirá uma gestão mais racional do processo de produção e distribuição das refeições pelas diferentes cantinas, para além de permitir uma maior flexibilidade e variedade na oferta ao consumidor.

1.3 Objectivos

O trabalho desenvolvido teve como objectivo geral avaliar a eficácia da embalagem em atmosfera modificada, na qualidade dos vegetais pré-cozinhados. Foram testadas três atmosferas com diferentes teores de oxigénio (O₂) e dióxido de carbono (CO₂). A qualidade dos vegetais foi avaliada ao longo de 20 dias de armazenamento através de parâmetros microbiológicos, físico-químicos e sensoriais. Pretendeu-se avaliar como esta metodologia de conservação pode afectar a actividade antioxidante total e relacionar com outros parâmetros de qualidade, como algumas propriedades organolépticas (principalmente a percepção de alguns defeitos), pH, alteração de cor e crescimento microbiano.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo são apresentados alguns fundamentos teóricos que foram objecto de estudo e suportam o presente trabalho. No desenvolvimento de cada tema são aprofundados os aspectos mais relevantes para a interpretação dos resultados obtidos.

2.1 Vegetais Pré-cozinhados

O consumo de frutas e vegetais é uma das principais recomendações para uma alimentação saudável, sendo sugerida a ingestão de, pelo menos, cinco porções diárias destes alimentos (OMS, 2006). Sabe-se que os vegetais são fontes importantes de diversos compostos antioxidantes como a vitamina C, vitamina E, carotenóides e compostos fenólicos, sais minerais (potássio, zinco, cálcio, magnésio, etc), fibras alimentares e água que ajudam a regular o organismo. Esta é uma das razões porque o seu consumo vem sendo continuamente incentivado. É neste contexto que surge a tentativa de transformar estes produtos em prontos a consumir, mantendo o mais possível as características nutricionais e organolépticas da matéria-prima que lhes dá origem.

Os vegetais são geralmente consumidos na forma crua, mas há situações em que a cozedura é necessária e muitas vezes preferida. Os vegetais pré-cozinhados como a couve repolho (*Brassica oleracea* L.) e o feijão verde (*Phaseolus vulgaris* L.) são largamente consumidos como acompanhamento das refeições, principalmente no Inverno. Também os serviços de restauração e neste caso particular de restauração colectiva, apresentam nas suas ementas couve e feijão verde cozidos como acompanhamento das refeições, e que vai de encontro ao formato reconhecido das dietas atlântica e mediterrânica.

2.1.1 Couve repolho

As couves são uma das principais culturas hortícolas a nível mundial. O Leste da Europa (Rússia, Polónia, Ucrânia, Roménia), o Leste da Ásia (China, Japão e Coreia do Sul) e os EUA são importantes produtores de couves (Almeida, 2006).

Em Portugal, a cultura de couves repolho está distribuída um pouco por todo o país, em sistema de produção de pequena horta familiar. A produção comercial de couves está, maioritariamente, concentrada na região do Ribatejo e Oeste, que representa cerca de 77% do volume de produção do país (Almeida, 2006).

2.1.1.1 Caracterização da couve repolho

A couve repolho (*Brassica oleracea* L. var. *capitata* L.) é uma planta da família *Brassicaceae* do género *Brassica*, constituindo um dos vegetais mais utilizados na cozinha, em diversas aplicações (sopas, conservas, acompanhamentos, massas, etc).

As couves repolho são caracterizadas pelo facto de formarem um único repolho terminal, constituído pela sobreposição de folhas de gema terminal inseridas num caule não ramificado com entrenós muito curtos. Existe uma grande diversidade morfológica em termos do tamanho, da forma e da cor. Consomem-se pelas suas folhas, normalmente comercializadas em fresco e consumidas cozinhadas. Podem ser transformadas em conservas ácidas designadas por *choucroute*. São relativamente ricas em minerais, nomeadamente cálcio, ferro, magnésio e potássio e vitaminas, com destaque para a vitamina C e provitamina A nas cultivares de folhas verdes. São ricas em proteína de elevado valor biológico, com uma quantidade importante dos aminoácidos metionina e cisteína que contêm enxofre. Do ponto de vista funcional, destacam-se os indícios epidemiológicos que apontam para uma correlação inversa entre a incidência de certos tipos de cancro e o consumo de brássicas, possivelmente devido à presença de glucosinolatos (Almeida, 2006).

2.1.1.2 Valor nutricional

Entre muitos dos seus atributos saudáveis, os vegetais da família *Brassicaceae* fornecem nutrientes importantes, tendo um baixo teor lipídico e calórico. Na Tabela 1 encontram-se os valores de composição nutricional da couve repolho crua e após cozedura.

Tabela 1 - Valor nutricional da couve repolho crua e cozida (por 100 g de parte edível)*.

	Couve repolho crua	Couve repolho cozida
Parte edível (%)	75	100
Energia		
kCal	22	19
kJ	93	78
Água (g)	91,8	93,5
Macronutrientes		
Proteína (g)	1,4	1,7
Gordura (g)	0,4	0,4
Hidratos de carbono (g)	3,5	2,2
Amido (g)	0,1	0,1
Açúcares totais (g) ⁽¹⁾	3,7	2,1
Fibra alimentar (g)	2,4	1,7
Ácidos gordos		
Saturados (g)	0,1	0,1
Monoinsaturados (g)	0	0
Polinsaturados (g)	0,2	0,2
Trans (g)	0	0
Ácido Linoleico (g)	0,1	0,1
Colesterol (mg)	0	0
Vitaminas		
A (equivalentes de retinol) (µg)	7,0	6,0
Caroteno (µg)	40	40
D (µg)	0	0
α-tocoferol (mg)	0,20	0,20
Tiamina (mg)	0,12	0,070
Riboflavina (mg)	0,010	0,070
Niacina (mg)	0,30	0,20
Triptofano/60 (mg)	0,30	0,20
B ₆ (mg)	0,18	0,11
B ₁₂ (µg)	0	0
C (mg)	40	25
Folatos (µg)	34	16
Minerais		
Cinza (g)	0,50	0,40
Sódio (Na) (mg)	7,0	100
Potássio (K) (mg)	240	114
Cálcio (Ca) (mg)	50	45
Fósforo (P) (mg)	38	32
Magnésio (Mg) (mg)	6,0	5,0
Ferro (Fe) (mg)	0,6	0,4
Zinco (Zn) (mg)	0,2	0,2

* Fontes: Tabela de composição de alimentos – Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge (2002).

⁽¹⁾ Herbs and Spices. The Composition of Foods (4th Edition).

2.1.2 *Feijão verde*

O feijão verde é originário do continente americano. Os principais produtores mundiais são os países asiáticos e europeus e os Estados Unidos da América. Em Portugal, o feijão verde produz-se em diversas regiões, tanto em explorações agro-industriais como em pequenas hortas familiares. O Ribatejo e Oeste são a principal zona de produção sendo, nesta região, a segunda cultura hortícola mais produzida em estufa, logo após o tomate. Produz-se também no Algarve, tanto em estufa como ao ar livre, na Beira Litoral, principalmente em estufa, e no Entre-Douro-e-Minho, também predominantemente em estufa. A balança comercial para o feijão verde é altamente deficitária, sendo a Espanha o nosso principal fornecedor (Almeida, 2006).

2.1.2.1 Caracterização do feijão verde

O feijão verde pertence ao género *Phaseolus* da família *Fabaceae*. O feijão-comum (*Phaseolus vulgaris*) é uma das quatro espécies do género que é cultivada. Por vezes, consideram-se duas subespécies: *Phaseolus vulgaris* subsp. *nanus*, o feijão rasteiro e *P. vulgaris* subsp. *volubilis*, o feijão de trepar. O feijão é cultivado pelas suas sementes secas - cultura arvense - ou pelas vagens imaturas, na cultura hortícola. Os povos nativos da América que domesticaram o feijão consumiam as sementes. O consumo da vagem imatura só ocorreu depois da introdução da cultura na Europa. A vagem é comercializada em fresco ou após transformação industrial, normalmente sob a forma de produto congelado. Tal como nas outras leguminosas, a proteína do feijão é pobre nos aminoácidos metionina e cisteína, mas rica em lisina, aminoácido que escasseia numa alimentação à base de cereais. O grão (semente) só é digerível se estiver cozido (Almeida, 2006).

2.1.2.2 Valor nutricional

Quanto ao aspecto nutricional pode considerar-se como excelente, pois proporciona nutrientes essenciais como proteínas, ferro, cálcio, vitaminas (principalmente do complexo B), hidratos de carbono e fibras. Na Tabela 2 encontram-se os valores de composição nutricional do feijão verde cru e cozido.

Tabela 2 - Valor nutricional do feijão verde cru e cozido (por 100 g de parte edível)*.

	Feijão verde cru	Feijão verde cozido
Parte edível (%)	95	100
Energia		
Kcal	25	23
kJ	104	98
Água (g)	90,0	90,8
Macronutrientes		
Proteína (g)	1,9	1,8
Gordura (g)	0,3	0,3
Hidratos de carbono (g)	3,8	3,5
Amido (g)	1,0	1,0
Açúcares totais (g) ⁽¹⁾	2,2	2,1
Fibra alimentar (g)	3,0	3,0
Ácidos gordos		
Saturados (g)	0,1	0,1
Monoinsaturados (g)	0	0
Polinsaturados (g)	0,2	0,2
Trans (g)	0	0
Ácido Linoleico (g)	0,1	0,1
Colesterol (mg)	0	0
Vitaminas		
A (equivalentes de retinol) (µg)	43	40
Caroteno (µg)	260	239
D (µg)	0	0
α-tocoferol (mg)	0,20	0,18
Tiamina (mg)	0,050	0,040
Riboflavina (mg)	0,070	0,060
Niacina (mg)	0,70	0,60
Triptofano/60 (mg)	0,50	0,40
B ₆ (mg)	0,050	0,040
B ₁₂ (µg)	0	0
C (mg)	17	11
Folatos (µg)	80	49
Mínerais		
Cinza (g)	0,98	0,65
Sódio (Na) (mg)	2,0	98
Potássio (K) (mg)	252	230
Cálcio (Ca) (mg)	40	41
Fósforo (P) (mg)	35	34
Magnésio (Mg) (mg)	17	17
Ferro (Fe) (mg)	0,7	0,6
Zinco (Zn) (mg)	0,2	0,2

* Fontes: Tabela de composição de alimentos – Instituto Nacional de Saúde Dr. Ricardo Jorge (2002).

⁽¹⁾ Herbs and Spices. The Composition of Foods (4th Edition).

2.2 Alterações Nutricionais nos Vegetais Pré-cozinhados

Durante o processamento, o teor nutricional dos alimentos pode decrescer devido à alteração ou degradação química dos nutrientes ou devido à solubilização e drenagem dos nutrientes hidrossolúveis (minerais e vitaminas hidrossolúveis) dos alimentos para o meio de confecção (água). Este último aspecto é relevante se o meio de confecção não for consumido juntamente com o alimento. Por outro lado, o processamento altera a matriz do alimento original, promovendo o aumento da biodisponibilidade de alguns nutrientes e fitoquímicos, melhorando assim a qualidade nutricional dos vegetais (Torres, 2009).

Embora o efeito da cozedura nos fitoquímicos dos vegetais tenha sido extensivamente estudado, os dados são dispersos e incompletos e a comparação entre estudos é difícil. Sultana *et al.*(2008) concentraram os seus estudos na investigação sobre a capacidade antioxidante total em vegetais cozidos, demonstrando que todos os métodos de cozedura afectam as propriedades antioxidantes.

2.2.1 Compostos Bioactivos

Já Hipócrates, considerado o “pai” da Medicina, há cerca de 2500 anos afirmou: “Que o teu alimento seja o teu remédio e que o teu remédio seja o teu alimento” (Dittrich, 1998).

Numa sociedade em que a preocupação com a saúde assume cada vez uma maior importância, torna-se essencial o desenvolvimento de produtos ricos em compostos, que para além de beneficiarem a saúde humana, apresentem a capacidade de prevenir o aparecimento de certas doenças como o cancro e as doenças cardiovasculares. Estes compostos, designam-se geralmente por compostos bioactivos ou fitoquímicos e estão largamente presentes nos produtos vegetais, na forma de compostos fenólicos, ácido ascórbico, carotenóides e tocoferóis, entre outros (Gry *et al.*, 2007, Kris-Etherton *et al.*, 2002).

Segundo a EuroFIR (European Food Information Resource Network), compostos bioactivos são constituintes não nutritivos inerentes aos produtos vegetais, que antecipam a promoção da saúde e apresentam efeitos benéficos quando ingeridos (Gry *et al.*, 2007).

A busca de soluções preventivas e terapêuticas frente às causas mais frequentes de mortalidade, nos países ocidentais (doenças cardiovasculares e cancro) levou os cientistas a interessar-se por estas fitosubstâncias secundárias presentes nos vegetais. Entre outras razões, porque se sabia que através de estudos estatísticos em populações que seguiam uma alimentação mais rica em vegetais e menos abundante em proteínas e gorduras animais, tinham uma esperança de vida maior e estavam menos afectados por tais doenças (Dittrich, 1998).

Em geral, o processamento dos vegetais resulta em mudanças na composição dos compostos bioactivos. Tem sido demonstrado que a aspereza do corte, tempo de armazenamento pós-colheita e o processamento térmico influenciam a retenção de compostos bioactivos em hortaliças crucíferas (Howard *et al.*, 1997; Song e Milner, 2001).

Por outro lado, a biodisponibilidade dos carotenóides e outros compostos bioactivos lipossolúveis tem sido melhorada através do processamento que aumenta a área de superfície, tais como o corte e trituração, e os tratamentos de calor que quebram a proteína e os hidratos de carbono que ligam os carotenóides (Stahl e Sies, 1992).

Se existe um tema importante e inovador na área da alimentação e que vai revolucionar a dietética nos próximos anos é, sem dúvida alguma, o das substâncias bioactivas presentes nos vegetais comestíveis, com actividades biológicas ditas promotoras da saúde, tais como, actividades antioxidante e anti-inflamatória.

2.2.2 Actividade antioxidante

O corpo humano envelhece devido a um processo de oxidação causado pelos radicais livres, que destroem as células saudáveis. Os radicais livres são espécies muito reactivas que se caracterizam pela presença de um ou mais electrões desemparelhados. A ocorrência de um electrão desemparelhado resulta numa grande reactividade, isto porque estas espécies têm afinidade para doar ou obter um electrão de modo a se tornarem estáveis. Dentro das espécies radicalares incluem-se os radicais superóxido ($O_2^{\bullet-}$), peróxido (ROO^{\bullet}), alcóxido (RO^{\bullet}), hidróxido (HO^{\bullet}) e a própria de oxigénio ($O_2^{\bullet\bullet}$), que tem uma natureza bi-radicalar (Seabra *et al.*, 2006; Kohen e Nyska, 2002). Actualmente, um grande número de investigadores considera os radicais livres como os grandes responsáveis pela

deterioração do corpo humano, tendo um papel determinante em doenças como a aterosclerose, o cancro, as lesões musculares e as infecções bronco pulmonares (Porkony *et al.*, 2001).

A manutenção do equilíbrio entre a produção de radicais livres e as defesas antioxidantes é uma condição essencial para o funcionamento normal do organismo. Quimicamente, qualquer composto que aceite electrões é um oxidante e qualquer substância que liberte electrões é um redutor. Uma reacção em que uma substância ganha electrões é uma redução e quando a substância perde electrões é uma oxidação. Então, quando um oxidante aceita electrões, provoca a oxidação de outras substâncias (Kohen and Nyska, 2002). Um antioxidante pode, então, ser definido como “qualquer substância que, quando presente em baixas concentrações, relativamente à concentração do substrato oxidável, atrasa significativamente, ou impede, a oxidação desse mesmo substrato” (Seabra *et al.*, 2006).

Há um crescente interesse na relação entre alimentação e saúde, destacando-se o consumo de antioxidantes naturalmente presentes nos alimentos, como a vitamina C, vitamina E, carotenóides e outros. Com isso, aumenta também a importância de compreender melhor a estabilidade desses compostos em alimentos, frente ao processamento a que são submetidos antes da ingestão.

Os vegetais destacam-se como fontes importantes de antioxidantes. Têm sido realizados diversos estudos com o objectivo de avaliar a estabilidade de antioxidantes naturais em vegetais durante o armazenamento, preparação doméstica e em restaurantes. Muitos trabalhos têm surgido, também, na tentativa de avaliar a capacidade antioxidante dos vegetais após manipulação. Temperaturas de armazenamento mais baixas parecem reduzir as perdas de antioxidantes (Jiménez-Monreal *et al.*, 2009; Miglio *et al.*, 2008; Sultana *et al.*, 2008; Giannakourou and Taokis, 2003). Nicoli *et al* apontaram diferentes consequências do armazenamento e processamento sobre as propriedades antioxidantes de alimentos, como: perda de antioxidantes naturalmente presentes, melhoria da capacidade antioxidante de compostos naturalmente presentes, formação de novos compostos com actividade antioxidante ou, ainda, nenhuma mudança na concentração de antioxidantes naturalmente presentes.

Grande parte dos estudos sobre a perda de antioxidantes em alimentos processados refere-se a alimentos industrializados (Giannakourou and Taoukis, 2003). Poucos são os estudos, até ao momento, que avaliaram a estabilidade de compostos antioxidantes em vegetais frente ao armazenamento e processamento doméstico ou mesmo em grande escala, em restaurantes e cantinas escolares (Miglio *et al.*, 2008).

Existe ainda o facto de que, a comparação dos estudos existentes é dificultada por alguns factores. O teor inicial de antioxidantes em vegetais pode variar largamente com o tipo de cultivar, condições de cultivo, clima e grau de maturação (Botelho, 2003) e o teor inicial pode influenciar na retenção final, como, também já foi observado (Lisiewska and Kmiecik, 1996).

2.3 Embalagem em Atmosfera Modificada

A embalagem é um objecto que faz parte do nosso dia-a-dia, tendo sofrido grandes transformações nas últimas décadas, pelo aparecimento de novos materiais e novas tecnologias (Castro, 2003). Uma das técnicas mais presente no mercado europeu é a embalagem em atmosfera modificada (MAP- Modified Atmosphere Packaging) que se define como uma forma de embalagem que envolve a remoção de ar do interior da embalagem e a sua substituição com um só gás ou mistura de gases, em proporções diferentes da do ar (Devlieghere *et al.*, 2002; Parry, 1993). A utilização do conceito de atmosfera modificada para prolongar o tempo de vida de um produto não é uma novidade em termos de preservação de géneros alimentares. Nas últimas décadas, tem vindo a ser feita diversa investigação nesta área. A eficácia da MAP depende de vários factores, nomeadamente, do tipo de alimento, da qualidade inicial da matéria-prima, da mistura de gases utilizada, da temperatura de armazenamento, das condições de higiene durante o processamento e das propriedades de barreira dos materiais utilizados na embalagem (Sivertsvik *et al.*, 2002).

O princípio da aplicação da MAP é a substituição do ar existente no interior da embalagem por uma mistura de gases de concentração fixa. Uma vez introduzida a nova atmosfera, não é realizado mais nenhum controlo sobre a sua composição, sendo natural que esta varie ao longo do tempo de armazenamento devido a factores tais como a

respiração do produto embalado, mudanças bioquímicas, crescimento microbiano e a maior ou menor velocidade de difusão dos gases através da embalagem (Fellows, 2002; Seideman e Durland, 1984).

A atmosfera desejada numa embalagem com atmosfera modificada pode ser conseguida de dois modos fundamentais: a substituição mecânica do ar com um gás ou mistura de gases ou gerando uma atmosfera dentro da embalagem, tanto passivamente (caso das frutas e vegetais), como activamente, utilizando modificadores de atmosfera adequados (por ex. absorvedores de O₂) (Fellows, 2002).

A maioria dos produtos alimentares é sensível ao oxigénio. A deterioração oxidativa pode ser controlada, diminuindo o oxigénio no interior da embalagem. Na realidade, a velocidade de oxidação baixa com a diminuição da pressão parcial do oxigénio. Estão a ser usadas com resultados muito satisfatórios as atmosferas com CO₂, N₂ e O₂, em proporções diferentes da do ar, para prolongar a vida útil dum produto alimentar, na medida em que retardam a oxidação, o crescimento de fungos e bactérias e a acção enzimática (Castro, 2003).

Os alimentos minimamente processados (MP) embalados em atmosfera modificada levantam algumas reservas em relação à sua segurança. O facto de esta proporcionar uma extensão do período de vida útil, pode permitir o desenvolvimento de microrganismos patogénicos (Phillips, 1996). Por isso, é útil discriminar dois grupos de alimentos MP embalados em MAP. Um primeiro grupo inclui os alimentos que são ingeridos sem nenhum processamento posterior ao embalamento, como as refeições cozinhadas, frutas, vegetais, peixe e carne fumada. O segundo grupo é composto por alimentos que serão sujeitos a um processamento térmico, que será suficiente para eliminar os microrganismos presentes, antes de serem ingeridos (ex: peixe fresco, carne crua, produtos avícolas). Logo, os problemas de segurança microbiológica são uma prioridade nos produtos do primeiro grupo, sendo obrigatório o controlo restrito da temperatura de armazenamento. Para garantir a segurança dos produtos é aconselhável a utilização da tecnologia de barreiras (Sivertsvik *et al.*, 2002). A tecnologia de barreiras (“Hurdle technology”) defende a combinação propositada de técnicas de conservação, existentes ou emergentes, que actuam como barreiras ou obstáculos à presença e/ou desenvolvimento de microrganismos (Leistner e Gorris, 1995). A aplicação desta técnica implica um conhecimento das

interacções de vários factores como a temperatura, a actividade da água (a_w), o pH, entre outros, para desenvolver um produto que seja seguro (Yuan, 2003). O processo MAP deve ser visto como mais uma barreira ao desenvolvimento microbiano e à actividade enzimática (Sousa, 2008).

O ambiente onde é realizado o processo de embalagem tem grande influência na qualidade final do produto. Contudo, também, está dependente da qualidade inicial dos alimentos e da temperatura de armazenamento. As boas práticas de fabrico, de higiene e o controlo restrito da temperatura, em toda a cadeia de processamento e distribuição, bem como um plano de HACCP, são essenciais para garantir a segurança e a qualidade de um alimento embalado em atmosfera modificada (Yuan, 2003; Oorkaikul, 2003; Phillips, 1996).

2.3.1 Materiais de Embalagem

Para manter a qualidade e segurança dos alimentos embalados em atmosfera modificada, é essencial escolher correctamente o material de embalagem. Na MAP os materiais mais usados são os plásticos flexíveis e semi-rígidos e os plásticos laminados. Os materiais plásticos representam um terço do total dos materiais usados na embalagem de alimentos (Coles, 2004).

O tipo de filme que forma a embalagem é um factor essencial, pois é necessário minimizar ou controlar as trocas gasosas entre a atmosfera interna e o ambiente externo. Existem diversos filmes com diferentes taxas de permeabilidade ao oxigénio, de modo a controlar a velocidade de troca O_2/CO_2 para prolongar a vida útil do alimento embalado. O material utilizado na embalagem deve ter uma propriedade de barreira adequada ao período de vida útil do alimento e à temperatura de armazenamento (Paul, 2002). Na realidade, muitas das reacções químicas, bioquímicas e biológicas, que têm lugar durante a conservação do produto, podem ser evitadas se se conseguir controlar a passagem de gases e vapor de água através das paredes da embalagem onde está contido (Castro, 2003). Para aplicar em diferentes produtos cozinhados, a maioria dos materiais usados são constituídos por várias camadas para garantir uma baixa transmissão de vapor de água, uma elevada barreira aos gases e resistência mecânica ao manuseamento (Fellows, 2000).

Os materiais mais utilizados podem ser simples, extrudidos ou laminados de copolímeros de etileno-álcool vinílico (EVOH), poliéster e polietileno, nylon e polietileno, cloreto de polivinilo (PVDC), polipropileno (PP), poliamida (PA), poliéster-polietileno de tereftalato (PET). O seu custo está directamente relacionado com a sua maior ou menor capacidade de barreira aos gases. A transparência destes materiais é também um factor considerado na escolha, pois alguns produtos podem ser mais sensíveis à luz, podendo optar-se por materiais metalizados ou com filtros UV (Sivertsvik *et al.*, 2002; Fellows, 2000).

Os principais materiais de embalagem usados em MAP e as suas características estão representados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Principais polímeros usados em embalagem para produtos alimentares (adaptado de www.esb.ucp.pt/twt/embalagem/MyFiles/biblioteca/publicacoes/sebenta/seb41.pdf).

Designação	Abreviatura	Principais características		
		Propriedades barreira	Propriedades térmicas	Resistência mecânica
Polietileno de baixa densidade	LDPE	Muito boa barreira à humidade; má barreira a gases e gordura	Boa soldabilidade; gama de temperaturas: -50 a 80°C	Boa resistência à tracção e à perfuração/impacto
Polietileno de alta densidade	HDPE	Muito boa barreira à humidade; má barreira a gases e média barreira à gordura	Média soldabilidade; gama de temperaturas: -40 a 121°C	Ótima resistência à tracção e à perfuração/impacto
Polipropileno	PP	Boa barreira à humidade (>PE); fraca barreira a gases e gordura	Boa soldabilidade; filme orientado requer revestimento para termoselagem; gama de temperaturas: 0 a 130°C	Variável
Polipropileno orientado	OPP	Muito boa barreira à humidade; fraca barreira a gases e à gordura	Fraca soldagem; gama de temperaturas: -50°C a 120°C	Ótima resistência à tracção e fraca resistência ao impacto/perfuração
Policloreto de vinilo	PVC	Média barreira à humidade; fraca barreira a gases e excelente barreira à gordura	Média soldabilidade; gama de temperaturas entre 60-85 e -30°C	Variável

Tabela 4 - Principais polímeros usados em embalagem para produtos alimentares (continuação).

Designação	Abreviatura	Principais características		
		Propriedades barreira	Propriedades térmicas	Resistência mecânica
Poliestireno	PS	Fraca barreira à humidade; fraca barreira a gases e má barreira à gordura	Não solda; gama de temperaturas: -30 a 50°C	Muito boa resistência à tracção; muito má resistência ao impacto/perfuração; facilidade de termoformação
Poliestireno expandido	EPS	Bom isolamento térmico e excelente acolchoamento		
Poliétileno tereftalato	PET	Média barreira à humidade; média barreira a gases e excelente barreira à gordura	Não solda; gama de temperaturas: -40 a 220°C	Excelente resistência à tracção e boa resistência ao impacto/perfuração
Poliamida	PA	Má barreira à humidade; boa barreira a gases (0% HR) e excelente barreira à gordura	Não solda; gama de temperaturas: -50 a 140°C; elevada estabilidade térmica	Excelente resistência à tracção e ao impacto/perfuração; elevada dureza superficial; reduzido coeficiente de atrito
Policarbonato	PC	Fraca barreira à humidade; fraca barreira a gases e muito boa barreira à gordura	Não solda; gama de temperaturas: -90 a 135°C	Excelente resistência à tracção e ao impacto/perfuração
Policloreto de vinilideno	PVDC	Excelente barreira à humidade, a gases e à gordura	Não aplicável	Não aplicável
Copolímero etileno-álcool vinílico	EVOH	Fraca barreira à humidade, excelente barreira a gases (0% HR) e excelente barreira à gordura	Não aplicável	Não aplicável

2.3.2 Gases de Embalagem

Os gases mais usados na MAP são o oxigénio (O₂), o dióxido de carbono (CO₂) e o azoto (N₂) para completar. A selecção do gás ou mistura de gases mais adequado depende totalmente do alimento a embalar. Os gases podem ser usados isolados ou combinados para conseguir aumentar o tempo de vida útil do produto, mantendo ao mesmo tempo a suas propriedades organolépticas (Coles, 2004).

O CO₂ pode ser considerado como o principal elemento das embalagens com atmosfera modificada, devido ao seu efeito bacteriostático e fungistático. Consegue inibir o crescimento de muitas bactérias responsáveis pela degradação, sendo a inibição proporcional à concentração de CO₂ dissolvido no produto (Devlieghere *et al.*, 1998a,1998b). O CO₂ dissolve-se facilmente na fase aquosa produzindo ácido carbônico (H₂CO₃), que aumenta a acidez, diminuindo o pH. Este gás também é solúvel na fracção lipídica do alimento e a solubilidade aumenta com a diminuição da temperatura. Por esta razão, a sua actividade anti-microbiana é muito maior a temperaturas inferiores a 10°C do que a temperaturas superiores a 15°C (Coles, 2004).

O N₂ é um gás inerte sem sabor, sem odor e sem cor. Devido à sua baixa solubilidade, é usado na MAP como enchimento da embalagem, evitando que estas colapsem com os alimentos, no caso de eles absorverem o CO₂. O N₂ é também utilizado para substituir o O₂, retardando a oxidação e prevenindo a formação de ranço nos alimentos, como alternativa à embalagem em vácuo, para inibir o desenvolvimento de microrganismos aeróbios (Sivertsvik *et al.*, 2002).

O O₂ é muito reactivo provocando a deterioração dos alimentos ao promover certas reacções químicas e microbianas. Por estas razões, a utilização de O₂ dentro das embalagens é reduzida o mais possível para inibir o crescimento de bactérias aeróbias, e também porque a sua presença pode causar problemas de oxidação ou ranço. No entanto, nas carnes vermelhas, utilizam-se concentrações superiores de O₂, para manter a cor, assim como nas frutas e nos vegetais, devido à sua taxa de respiração (Ooraikul, 2003).

Para a maior parte dos alimentos MP são utilizadas misturas de dois ou três gases, escolhidas de acordo com o produto. Normalmente, em produtos que não possuem respiração (alimentos cozinhados), e onde o principal factor de degradação é a actividade microbiana, é utilizada uma mistura com cerca de 30-60% de CO₂, sendo a restante mistura completada com N₂ (40-70%) ou com combinações de N₂ e O₂. Nos produtos que têm respiração (frutas e vegetais) a percentagem de CO₂ usada é muito inferior e a concentração de O₂ não deve ser inferior a 5%, sendo a mistura composta maioritariamente por N₂. Nos produtos muito susceptíveis a ranço, a mistura não deve conter O₂, podendo ser 100% N₂ ou uma mistura de CO₂/N₂ (Sivertsvik *et al.*, 2002).

Para além dos gases atrás referidos, podem ser utilizados gases raros (hélio, árgon, xénon e néon), que têm função similar ao N₂. Existem ainda outros gases que são aplicados de uma forma restrita devido à legislação ou que apenas foram aplicados a nível experimental como o monóxido de carbono (carnes vermelhas) (Seyfert *et al.*, 2007), ozono, óxido de etileno, óxido nitroso, óxido de propileno, vapor de etanol (produtos de padaria), hidrogénio e cloro (Sivertsvik *et al.*, 2002). A UE considera aditivos os gases utilizados neste tipo de embalagem, sendo-lhes atribuído um número E (Tabela 5) (DL 121/1998).

Tabela 5 - Classificação, segundo a UE, dos gases utilizados nas embalagens com atmosfera modificada e considerados aditivos alimentares (DL 121/1998).

Designação	Número E
Dióxido de Carbono (CO ₂)	E-290
Árgon (Ar)	E-938
Hélio (He)	E-939
Azoto (N ₂)	E-941
Óxido Nitroso (N ₂ O)	E-942
Oxigénio (O ₂)	E-948

Segundo a legislação em vigor, a utilização de uma atmosfera modificada deve vir indicada no rótulo com a frase: “Embalado em atmosfera protectora” (DL 148/2005).

Nas embalagens com atmosfera modificada a proporção gás/alimento ou o volume ocupado pelo gás e o contacto deste com determinada área de alimento, é também muito importante na evolução dos parâmetros da qualidade destes produtos, bem como determinante no seu tempo de vida útil. A razão entre volume de gás e produto deve ser de 2:1 ou 3:1, para evitar que ocorra o colapso da embalagem, devido à grande solubilidade do CO₂ nos alimentos com maior teor de humidade. A solubilidade do CO₂ também é responsável por alterar a capacidade de retenção de água do alimento, provocando uma maior libertação de exsudados (Sivertsvik *et al.*, 2002). Esta proporcionalidade é também importante para evitar que em embalagens muito cheias, o contacto com a atmosfera de conservação seja reduzido e assim também reduzido o tempo de vida útil inicialmente previsto.

2.4 Controlo da Qualidade dos Vegetais

O controlo da qualidade é um aspecto chave para a aceitação dos produtos pelos consumidores. Como já foi referido, a qualidade dos vegetais pré-cozinhados vai-se alterando ao longo do tempo de armazenamento, devendo ser verificada através de uma avaliação microbiológica, físico-química e sensorial.

2.4.1 Avaliação Microbiológica

A realização de análises microbiológicas ao produto final deve fazer parte dos procedimentos de verificação se os limites críticos dos critérios de higiene dos processos são adequados e se, o produto final obtido é próprio para o consumo. Para se saber quais os parâmetros microbiológicos que se devem ter em consideração para avaliar a aceitabilidade do produto final, e respectivos critérios, é necessário conhecer esse produto. Neste sentido, e segundo o documento “*Guidelines for Assessing the Microbiological Safety of Ready-to-Eat Foods Placed on the Market*” (Health Protection Agency, 2009) foram identificadas cinco categorias de alimentos baseadas exclusivamente nos teores de aeróbios totais presentes. Este guia lista os parâmetros microbiológicos que permitem avaliar a aceitabilidade de alguns alimentos prontos-a-comer, e respectivos critérios de qualidade microbiológica. São recomendações baseadas no conhecimento biológico e epidemiológico dos microrganismos que estão presentes nos géneros alimentícios, respeitando os critérios exigidos na regulamentação comunitária (Regulamento (CE) nº 1441/2007).

A análise microbiológica por si só não garante a segurança final de um produto, mas dá informações válidas quando aliada e integrada num sistema com implementação de medidas preventivas. Nem sempre a presença de microrganismos significa um perigo para a saúde dos consumidores, pelo que é importante determinar que microrganismos estão presentes e em que quantidade (Gaze, 2005). A contagem em Plate Count Agar (PCA) não contribui para uma avaliação da segurança, mas apenas como um indicador da qualidade geral dos alimentos embalados.

A confecção é a operação decisiva para promover a segurança microbiológica do produto. A literatura científica sugere que se devem confeccionar os alimentos de modo a que atinjam no seu centro térmico 70°C durante pelo menos 2 minutos ou que atinjam no

seu centro térmico pelo menos 75°C, condições que são suficientes para que sejam eliminadas bactérias como a *Salmonella*, *Campylobacter* e *L. monocytogenes* (Mackey *et al.*, 1990). Nesse sentido, este controlo da relação tempo/temperatura deve ser validado para garantir a destruição das bactérias patogénicas.

Um produto alimentar, depois de cozido, contém normalmente um número de microrganismos limitado, que podem ter proveniência em algumas matérias-primas utilizadas ou em contaminação por manipulações cruzadas após o processamento (Madrid *et al.*, 2003).

A embalagem em atmosfera modificada contendo CO₂ e o armazenamento sob refrigeração, permite que o CO₂ se dissolva no alimento e execute a sua acção antimicrobiana. A maioria dos bolores e leveduras são sensíveis ao CO₂ (Devlieghere *et al.*, 2002). A indústria alimentar, para diminuir a probabilidade de desenvolvimento de microrganismos, controla a temperatura, juntamente com outras técnicas que actuam como barreira ao desenvolvimento microbiológico, como a alteração do pH, do teor de humidade, ou a utilização de uma embalagem em atmosfera modificada (Zeuthen, 2002).

2.4.2 Avaliação Físico-Química

A aplicação de métodos físico-químicos no controlo da qualidade dos vegetais pré-cozinhados surge como um complemento das outras componentes integrantes do controlo da qualidade. O controlo físico-químico muitas vezes é realizado como ferramenta indicadora de perda de qualidade nutricional (controlo de bioactivos e actividade antioxidante), microbiológica (por exemplo, pH) e até mesmo sensorial (cor, pH, actividade antioxidante, etc)

2.4.2.1 pH

O pH de um alimento é a medida da acidez ou alcalinidade do produto. Assim, quanto ao valor de pH, os alimentos são classificados em ácidos (pH <4,5), pouco ácidos (4,6 < pH < 7,0), neutros (pH = 7,0) ou alcalinos (pH > 7,0) (Baptista & Linhares, 2005). Os vegetais são ligeiramente ácidos (FSAI, 2005), embora os preparados à base de vegetais, essencialmente sumos, tenham pH ≤ 3,7.

O pH dos alimentos é um factor preponderante na capacidade de crescimento dos microrganismos contaminantes, já que estes não possuem mecanismos próprios para controlar o seu pH interno. A maioria dos microrganismos cresce melhor a um pH perto da neutralidade (FSAI, 2005); as bactérias mais patogénicas não conseguem desenvolver-se a um pH de 4,5 e as que alteram os alimentos dificilmente crescem a um pH inferior a 3,5 (Johns, 1995). Desta forma, este parâmetro é usado para determinar os requisitos de processamento e a aplicação de regulamentação e de recomendações relacionadas com as Boas Práticas de Processamento.

2.4.2.2 Cor

A cor é um dos atributos mais importantes nos alimentos e, sendo um dos aspectos que define a aparência do produto, é um dos primeiros indicadores da qualidade considerados pelo consumidor. O modo como a cor dos vegetais evolui durante o período de armazenamento pode determinar a sua aceitação pelo consumidor, pois uma grande alteração em relação à cor inicial poderá levar à rejeição do produto.

Para a medição da cor em alimentos podem ser usados métodos instrumentais dos quais se destacam a colorimetria *tristimulus*, em que a cor é expressa de acordo com o sistema da *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE). Existem vários sistemas de cor reconhecidos pela CIE e entre eles o sistema $L^*a^*b^*$, desenvolvido em 1976 por Judd e Hunter e cujas coordenadas estão directamente relacionados com as coordenadas X, Y e Z (Barbosa, 2007).

O sistema de cor $L^*a^*b^*$ é aquele que melhor representa a percepção de cor pelo olho humano. Estas coordenadas apresentam-se num sistema tridimensional, respectivamente, o posicionamento no eixo que representa a luminosidade (entre $L=0$ e $L=100$), e o posicionamento das coordenadas cromáticas nos eixos que representam a variação de verde (-a) a vermelho (a) e de azul (-b) a amarelo (b). Neste sistema, qualquer cor corresponde a um ponto posicionado num gráfico tridimensional como o apresentado na Figura 1.

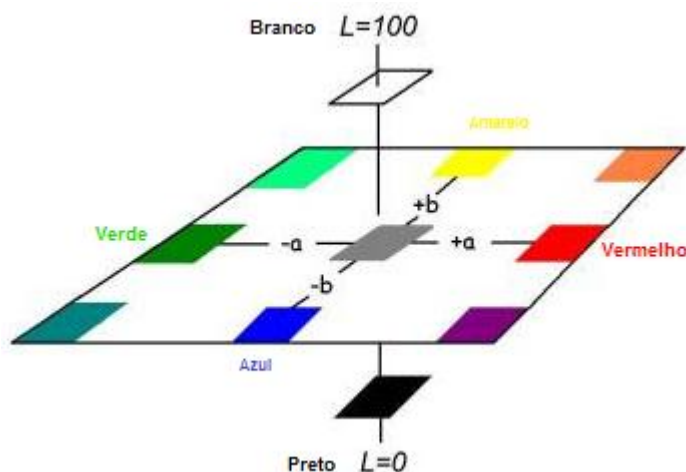


Figura 1 – Sistema de coordenadas Lab da CIE (adaptado de www.liec.iq.unesp.br).

Em cada eixo é possível posicionar-se a diferença de cada uma das coordenadas que compõem a cor de cada amostra avaliada.

2.4.2.3 Actividade antioxidante

A actividade antioxidante traduz o potencial de inibição de processos de oxidação. A magnitude do valor da actividade antioxidante poderá informar sobre o grau de protecção conferido ao organismo, aquando da ingestão de alimentos ricos em bioactivos, relativamente a processos de dano celular oxidativo (Pokorny *et al.*, 2001).

A captação dos radicais livres é o principal mecanismo de acção dos antioxidantes nos alimentos. Muitos métodos foram desenvolvidos em que se mede a capacidade antioxidante através da captação dos radicais livres sintéticos em solventes orgânicos polares, por exemplo metanol, à temperatura ambiente. (Pokorny *et al.*, 2001).

O método DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) é um dos métodos usados para determinar a actividade antioxidante em vários legumes (Chu *et al.*, 2000). O DPPH é um radical livre estável, que se torna numa espécie não radicalar dificilmente oxidável quando aceita um electrão ou um átomo de hidrogénio. O radical DPPH (forma oxidada) tem cor violeta forte e o DPPH não radical (forma reduzida) é amarelo.

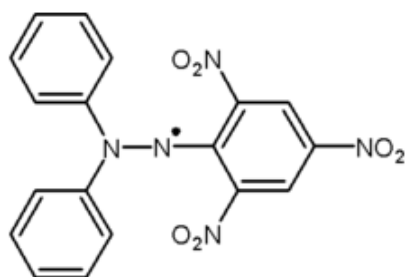


Figura 2 - Estrutura química do radical DPPH'.

No ensaio espectrofotométrico a 515nm, a absorvância diminui como resultado de uma alteração na coloração violeta característica para amarelo. O radical DPPH na presença de antioxidantes dadores de átomos de H, é reduzido formando a molécula estável DPPH-H (Brand-Williams *et al.*,1995).



Alguns antioxidantes, por exemplo o α -tocoferol, reagem rapidamente com o radical DPPH. No entanto, uma série de reacções secundárias mais lentas podem causar uma diminuição progressiva da absorvância, devendo-se, na maior parte dos casos, medir a absorvância depois de 15 a 30 minutos após o início da reacção. Os resultados são normalmente expressos como EC_{50} , que corresponde à concentração de antioxidantes necessária para captar 50% do radical DPPH, num determinado período de tempo.

2.4.3 Avaliação Sensorial

A análise sensorial é uma técnica que usa as propriedades sensoriais dos humanos para avaliar as propriedades organolépticas dos alimentos. Permite avaliar a qualidade dos alimentos, caracterizar os atributos sensoriais e determinar as preferências do consumidor e aceitabilidade dos produtos. Apresenta-se como uma componente da avaliação da qualidade microbiológica e físico-química dos produtos e permite a análise de atributos que de outra forma seriam impossíveis de determinar. Neste tipo de produtos reveste-se de especial importância dado tratarem-se de produtos prontos a utilizar e a impressão causada no consumidor é determinante na sua decisão de aquisição.

Existem três tipos principais de análise sensorial: análise discriminativa (para determinar diferenças entre produtos), análises descritivas (para a caracterização de produtos) e análises hedônicas ou afectivas (determinam se o consumidor gosta ou não do produto). As análises discriminativas e descritivas requerem um bom controlo e obtêm maior precisão. As do tipo afectivo requerem a disposição de consumidores representativos e condições de análise que permitam extrapolar os resultados à vida quotidiana.

Na avaliação sensorial das amostras dos vegetais pré-cozinhados foi usada uma análise descritiva quantitativa (ADQ). Permitiu indicar para além da possível existência de diferenças entre amostras, a magnitude dessas diferenças e a sua caracterização. Para este teste descritivo as características do produto foram definidas numa escala, tratando-se assim de uma prova escalar (Louro e Nunes, 1988).

Foi usada uma escala hedónica, com 9 pontos, nas provas de aceitabilidade dos produtos pelos consumidores.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste capítulo estão descritos o processo de obtenção das amostras em estudo, bem como todos os procedimentos seguidos nas análises efectuadas.

3.1 Processamento dos Vegetais Pré-cozinhados e Amostragem

O fluxograma apresentado na Figura 3 descreve o processo de preparação dos produtos embalados e objecto deste estudo.



Figura 3 – Fluxograma geral do processo de preparação das amostras.

A matéria-prima utilizada neste estudo foi a couve repolho (*Brassica oleracea* L.) e o feijão verde (*Phaseolus vulgaris* L.), provenientes de produtores locais, não tendo sofrido qualquer tipo de tratamento antes da sua recepção no laboratório para a sua integração no estudo.

Os vegetais foram lavados em água e todas as partes não comestíveis removidas. O feijão verde depois de retirado o fio, foi cortado em tiras e a couve cortada em “juliana”, tal como se pode observar na Figura 4.



Figura 4 - Amostras de couve repolho (A) e feijão verde (B) após corte.

Depois de cortados, foram higienizados com solução desinfetante VERCLOR (3g/L de água) durante 5 minutos e cozidos em água em ebulição durante 8 minutos.

Após cozedura, os vegetais foram rapidamente arrefecidos numa câmara de refrigeração (abatedor de temperatura) até temperatura 3-5°C e embalados em MAP.

Cada embalagem continha aproximadamente 200 g de vegetal cozido. Todas as embalagens devidamente identificadas com códigos, eram compostas por uma bandeja alta barreira (B22-50) constituída por poliestireno expandido (EPS) no exterior, poliestireno de alto impacto (HIPS) na camada central e polietileno (PE) no interior, selada com um filme (55 μm de espessura) com uma elevada capacidade de barreira (OPEX 55 AB – PA/EVOH/PE). A transmissão de O_2 e CO_2 do filme utilizado era de 2 e 5,4 $\text{cm}^3 \cdot \text{m}^{-2} \cdot 24\text{h}$, respectivamente. Na etapa de embalamento foram introduzidas diferentes atmosferas nas embalagens promovendo uma alteração activa da mesma.

As misturas gasosas foram preparadas na misturadora PBI Dansensor A/SMAP MIX 8000 EL, sendo a sua composição verificada com o Analisador de gás O₂/CO₂ CHECKMATE II (PBI Dansensor, Ringsted, Dinamarca), segundo especificações técnicas do fabricante. A razão volume de gás/produto aplicada foi de 3:1. Antes da introdução da mistura gasosa nas embalagens a termoseladora utilizada OCEANIA JOLLY 20, YANG SR L (Itália), retirava todo o ar presente, ao qual se seguia a introdução da atmosfera e selagem (a 130°C) da embalagem. As embalagens foram armazenadas a 5°C ± 1°C durante 20 dias.

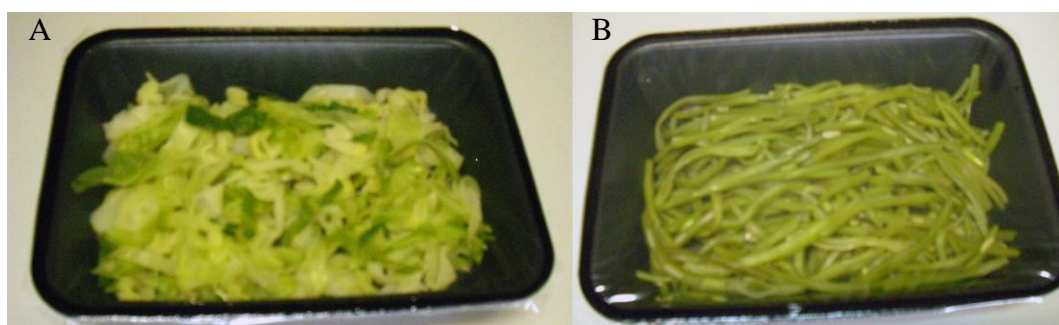


Figura 5 - Amostras de couve repolho (A) e feijão verde (B) após embalagem.

3.2 Análises Microbiológicas

A análise microbiológica foi realizada no laboratório de microbiologia da Escola Superior de Tecnologia e Gestão. Com os devidos cuidados de assepsia, segundo a norma ISO 6887-1:1999, foram retiradas pequenas porções de amostra de diferentes zonas da embalagem para um saco esterilizado de “Stomacher” perfazendo 10 g. Em seguida, adicionaram-se 90 ml de solução triptona sal esterilizada e a mistura foi homogeneizada durante aproximadamente 1 minuto, no Stomacher 400 (BA7021, Seward). Obteve-se assim, a suspensão-inicial (diluição 10⁻¹). Das diferentes diluições decimais, semeou-se por incorporação 1 ml em meio de cultura PCA (Plate Count Agar, Oxoid), tendo-se efectuado a contagem de colónias após incubação a 30°C±1°C durante 72h±3h, em aerobiose, tal como preconizado na norma ISO 4833:2003. Foram contados os duplicados de cada diluição, calculando-se os valores de unidades formadoras de colónias por grama de amostra (ufc/g).

3.3 Análises Físico-Químicas

3.3.1 pH

O pH foi determinado por um método potenciométrico. As determinações foram efectuadas na amostra triturada, com um eléctrodo de perfuração FC232 acoplado a um medidor de pH HANNA HI99163 com compensação automática de temperatura, previamente calibrado à temperatura ambiente com duas soluções tampão a pH 4 e pH 7. Os valores médios de pH e temperatura resultaram de duas leituras obtidas directamente nas amostras de vegetais, tal como descrito no método AOAC 981.12 (1995).

3.3.2 Humidade

O teor de humidade foi um dos parâmetros físicos analisados. Uma amostra de cada embalagem (2g) foi submetida a secagem numa estufa (Heraeus UT6) a 105°C até atingir peso constante. A determinação foi efectuada em triplicado, sendo os resultados expressos em percentagem (%) de teor de humidade, tal como descrito por Podsedek *et al.*, (2006).

3.3.3 Cor

A evolução da cor dos vegetais pré-cozinhados ao longo do tempo de armazenamento foi monitorizada com recurso a um colorímetro (Minolta Chroma Meter CR300, Japão) e ao sistema de cor CIE $L^* a^* b^*$. O equipamento foi previamente calibrado com uma placa de cor branca ($L^*=97,05$; $a^*=5,30$; $b^*=-3,51$), segundo as instruções do fabricante. Foram efectuadas 10 medições consecutivas para cada amostra. Os resultados obtidos correspondem à média \pm desvio padrão dessas medições. Determinou-se a variação total das propriedades cromáticas das amostras ao longo do armazenamento, usando a seguinte equação:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad \text{Equação 2}$$

onde, $\Delta L^* = L_0 - L$; $\Delta a^* = a_0 - a$; $\Delta b^* = b_0 - b$, sendo L_0 , a_0 e b_0 as coordenadas de cor correspondentes à amostra no início do estudo e L , a , b as coordenadas de cor correspondentes à amostra no fim do estudo.

3.3.4 Actividade antioxidante (método DPPH)

A actividade antioxidante foi determinada por espectrofotometria de UV-Vis, monitorizando o desaparecimento do radical DPPH a 515nm, de acordo com o procedimento descrito por Rufino *et al* (2007), adaptado às condições do presente trabalho tal como se descreve nos parágrafos seguintes.

As amostras foram liofilizadas e conservadas a -18°C até à realização da análise. Para um tubo do tipo Costar, pesaram-se 1-3 g de amostra liofilizada, adicionaram-se 40 ml de Metanol 50% homogeneizou-se e deixou-se em repouso 60 minutos à temperatura ambiente. Centrifugou-se (centrífuga Centurion) a 15 000 rpm durante 15 minutos e transferiu-se o sobrenadante para um balão volumétrico de 100ml. Ao resíduo da primeira extracção, adicionaram-se 40 ml de Acetona a 70%, homogeneizou-se e deixou-se em repouso 60 minutos à temperatura ambiente. Centrifugou-se novamente a 15 000 rpm durante 15 minutos, transferiu-se o sobrenadante para o balão volumétrico contendo o primeiro sobrenadante e completou-se o volume a 100 ml com água destilada. Efectuou-se a filtração do extracto obtido das amostras, uma vez que este apresentava turvação. Preparou-se em tubos de ensaio no mínimo três diluições diferentes, em triplicado. Em ambiente escuro, transferiu-se 0,3ml de cada diluição do extracto para tubos de ensaio contendo 2,7ml de DPPH $6 \times 10^{-5} \text{M}$ e homogeneizou-se (Barros *et al.*, 2007). Utilizou-se 0,3 ml de controlo (metanol, acetona e água) com 2,7ml de DPPH e homogeneizou-se. Leu-se a absorvância a 515 nm num espectrofotómetro Cary 50 Scan (Varian), onde se observou a redução da absorvância até sua estabilização.

Foi determinada a actividade antiradicalar, definida como a quantidade de amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do DPPH em solução (EC_{50}). Esta concentração foi obtida a partir do gráfico de percentagem de actividade bloqueadora de radicais, RSA (do inglês, *radical scavenging activity*), em função da concentração da amostra. A percentagem de RSA foi calculada como percentagem de descoloração da solução de DPPH, de acordo com a seguinte equação:

$$\%RSA = \frac{Abs_{\text{controlo}} - Abs_{\text{amostra}}}{Abs_{\text{controlo}}} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

3.4 Análise Sensorial

A análise sensorial das amostras foi realizada seguindo a metodologia preconizada pela norma ISO 8587:2006.

As provas de análise sensorial foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial da Escola Superior de Tecnologia e Gestão, numa sala de provas equipada com 8 cabines individuais.

O treino do painel de provadores foi efectuado segundo o referencial ISO 8586-1:1993 em colaboração com trabalho de mestrado de Joana Miranda, com dissertação sob o tema “Estudo de Procedimentos para uma Empresa de Análise Sensorial”.

3.4.1 Estudo preliminar

No estudo preliminar, os vegetais cozidos foram submetidos à avaliação sensorial por um painel de oito provadores treinados, recrutados entre alunos, funcionários e docentes da ESTG, após 15 dias de armazenamento. Os atributos avaliados foram: aparência geral, cor, aroma, sabor e textura, usando uma escala de 9 pontos (conforme folha de prova apresentada no Apêndice I). As amostras também foram provadas por quarenta consumidores para avaliar a sua aceitabilidade, usando uma escala hedónica de 9 pontos (Peryam & Pilgrim, 1957). A avaliação da aceitabilidade foi realizada durante o serviço de refeições à hora do almoço, na cantina da ESTG-IPVC, recorrendo aos consumidores habitualmente frequentadores desta unidade de restauração colectiva. Esta prova foi realizada utilizando uma folha de prova com escala hedónica, tal como apresentada no Apêndice II.

3.4.2 Estudo final

No estudo final, recorreu-se a um painel de sete provadores treinados, que procederam a uma análise descritiva quantitativa das amostras. Antes das sessões de avaliação o painel de provadores foi familiarizado com as características típicas do produto em prova.

Treino dos provadores: com o objectivo dos provadores identificarem e memorizarem as principais características resultantes da evolução da degradação das amostras e o efeito sobre as principais propriedades organolépticas, prepararam-se amostras de couve e feijão verde, segundo a metodologia descrita no ponto 3.1. Armazenaram-se em atmosfera normal, à temperatura de 3-5°C, com um tempo de armazenamento variável (0, 5, 10, 15, 20 e 25 dias). Os atributos avaliados foram aparência geral, cor, sabor (aroma e sabor) e textura. Os pontos de vista e qualificações da avaliação foram discutidos em grupo e definidas as âncoras verbais.

Sessão de prova dos vegetais: foram apresentadas 4 amostras de couve repolho e de feijão verde, devidamente codificadas com três algarismos para cada amostra, correspondentes aos períodos de armazenamento de 0, 5, 10 e 15 dias (Figura 6). Foi solicitado a cada provador que avaliasse os parâmetros cor, brilho, defeitos, aroma típico, cheiro estranho, sabor típico, sabor estranho e textura, numa folha de prova de escala gráfica, conforme o Apêndice III.

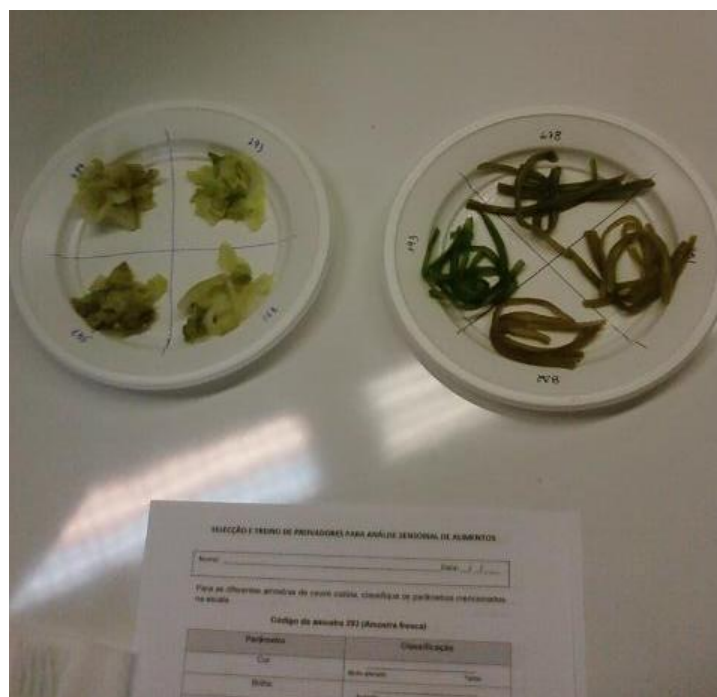


Figura 6 – Apresentação das amostras na prova de análise sensorial.

3.5 Análise Estatística

Os dados obtidos foram analisados, em primeiro lugar, através de valores estatísticos univariados, como a média e o desvio padrão, para proceder a uma análise geral e descrição dos resultados.

Os parâmetros microbiológicos e físico-químicos foram analisados recorrendo à Análise dos Componentes Principais (ACP), a fim de observar os dados de um modo geral e avaliar as principais características e a sua alteração ao longo do tempo de armazenamento.

Na análise sensorial, as diferenças entre produtos ou entre provadores, foram analisadas através de uma Análise de Variáveis Canónicas (AVC), segundo as metodologias expostas em Alves e colaboradores (1993, 1995, 2005).

A análise estatística foi efectuada no programa Statistica 7.0 para Windows (Stat Soft Inc., Tulsa, USA).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Selecção da composição da atmosfera da embalagem – estudo preliminar

Nesta fase do trabalho avaliou-se a influência de diferentes misturas de gases na qualidade da couve repolho e do feijão verde pré-cozidos, embalados em MAP. Outro objectivo desta parte do trabalho foi verificar se a mistura de gases utilizada na cantina da ESTG proporciona os melhores resultados. Foram utilizadas três atmosferas de composições distintas, apresentadas na Tabela 6.

Tabela 6 - Composição das atmosferas introduzida no interior da embalagem.

	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	N ₂ (%) [*]
Cantina	0	40	60
	2,5	40	57,5
	2,5	60	37,5

^{*} Percentagem de N₂ obtida por diferença.

A composição da atmosfera introduzida no interior das embalagens foi verificada, ao longo do tempo de armazenamento, conforme a metodologia descrita no ponto 3.1. (Apêndice IV).

Os gráficos apresentados nas Figuras 7, 8 e 9 representam a evolução do teor de O₂, CO₂ e N₂ ao longo do tempo de armazenamento, das três combinações de atmosferas em estudo.

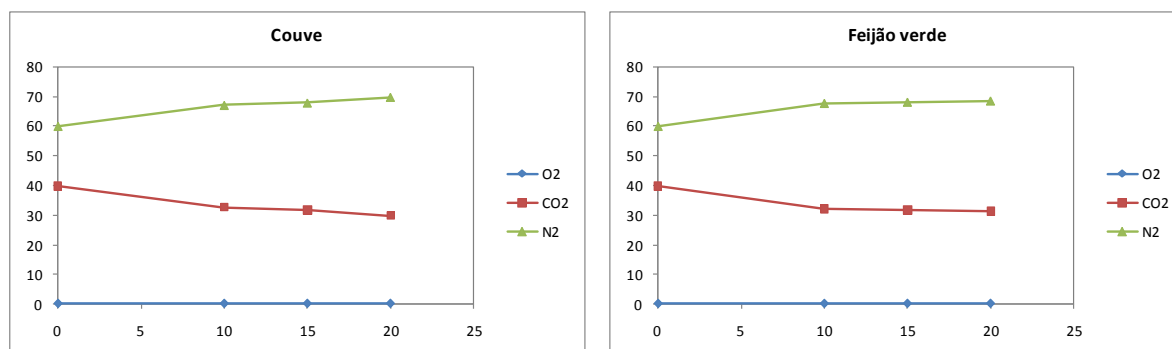


Figura 7 - Evolução do teor de O₂, CO₂ e N₂ no interior das embalagens de couve e feijão verde, embaladas com a combinação 0% O₂/40% CO₂.

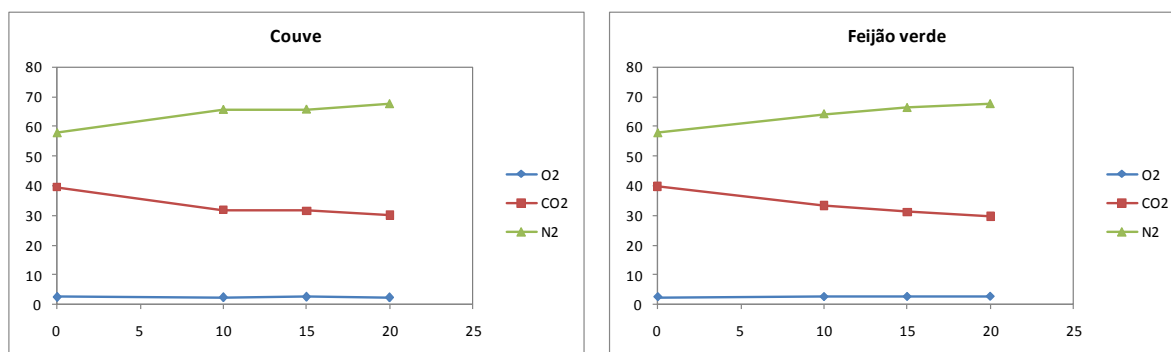


Figura 8 - Evolução do teor de O₂, CO₂ e N₂ no interior das embalagens de couve e feijão verde, embaladas com a combinação 2,5% O₂/40% CO₂.

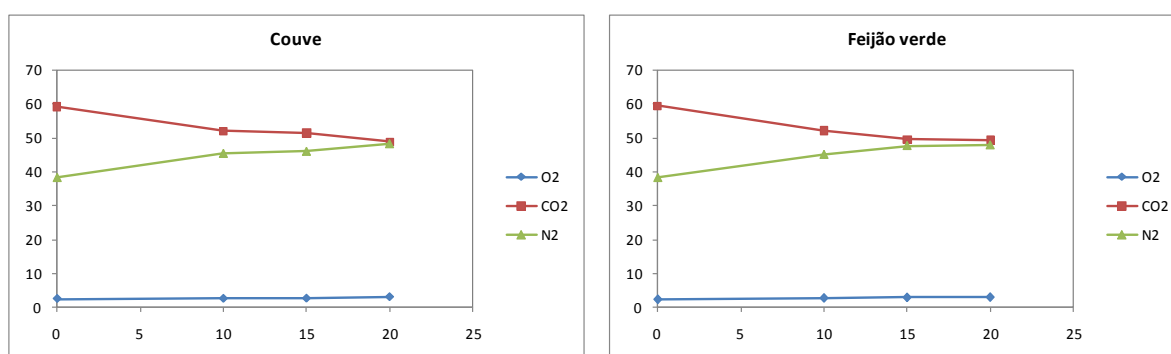


Figura 9 - Evolução do teor de O₂, CO₂ e N₂ no interior das embalagens de couve e feijão verde, embaladas com a combinação 2,5% O₂/60% CO₂.

A monitorização da composição da atmosfera que rodeava os vegetais pré-cozinhados mostrou um decréscimo na concentração de CO₂. Este decréscimo deve-se à dissolução do CO₂ no alimento, cuja taxa aumenta com a diminuição da temperatura. A concentração de O₂ é mais estável devido à sua menor solubilidade nos alimentos. Geralmente, quando se trata de produtos que não respiram, como é o caso dos vegetais pré-cozinhados, o consumo de O₂ não é considerado como factor a controlar (Simpson *et al.*, 2009). As diferenças entre a concentração dos gases no início e no final do estudo revela que a atmosfera no interior das embalagens atravessa uma fase de variação até atingir um equilíbrio. As características do filme utilizado garantiram uma elevada barreira aos gases permitindo a manutenção da sua concentração ao longo do armazenamento.

Os sinais de degradação das amostras também foram evidentes ao longo do estudo. Após 15 dias de armazenamento, foi registada a presença de odores, cor mais escura e amarelada nas amostras.

Os resultados apresentados a seguir resumem o controlo da qualidade realizado, consistindo na avaliação de parâmetros físico-químicos (pH, cor e actividade antioxidante) e contagem de microrganismos a 30°C, após 10, 15 e 20 dias de armazenamento, análise sensorial após o 15º dia de armazenamento por um painel de provadores treinado e avaliação da aceitabilidade.

A Tabela 7 resume os resultados de todas as determinações efectuadas ao longo do estudo preliminar, para os parâmetros físico-químicos e contagem de microrganismos a 30°C.

Tabela 7 – Resultados obtidos no estudo preliminar para os parâmetros pH, variação de cor (ΔE) actividade antioxidante (EC_{50}) e microrganismos a 30°C (CFU), ao longo de 20 dias de armazenamento.

Amostra	Atmosfera	Dia	pH / T	ΔE_{ab}	EC_{50} (mg/mL)	CFU/g
Couve repolho	0% O ₂ 40% CO ₂	0	5,90 / 23,9°C		13,16	< 10
		10	6,55 / 23,3°C	7,02	22,30	< 10
		15	6,11 / 23,6°C	16,98	28,99	< 10
		20	5,78 / 21,2°C	19,52	35,38	> 3,0x10 ⁴
	2,5% O ₂ 40% CO ₂	0	5,90 / 23,9°C		13,16	< 10
		10	6,57 / 22,8°C	11,59	27,44	< 10
		15	6,09 / 24,0°C	11,85	33,94	< 10
		20	5,87 / 20,9°C	14,42	41,60	> 3,0x10 ⁴
	2,5% O ₂ 60% CO ₂	0	5,90 / 23,9°C		13,16	< 10
		10	6,56 / 22,9°C	12,90	35,06	< 10
		15	6,16 / 24,0°C	11,11	35,94	2,0x10 ²
		20	5,80 / 21,2°C	17,81	39,98	8,8x10 ³
Feijão verde	0% O ₂ 40% CO ₂	0	5,84 / 24,3°C		24,53	< 10
		10	6,28 / 23,2°C	7,37	42,70	< 10
		15	6,17 / 24,3°C	6,72	49,01	1,4x10 ²
		20	5,76 / 21,1°C	9,44	50,33	1,3x10 ³
	2,5% O ₂ 40% CO ₂	0	5,84 / 24,3°C		24,53	< 10
		10	6,20 / 23,0°C	10,42	48,20	< 10
		15	6,15 / 24,1°C	16,54	56,13	< 10
		20	5,68 / 21,0°C	15,11	57,71	2,9x10 ⁴
	2,5% O ₂ 60% CO ₂	0	5,84 / 24,3°C		24,53	< 10
		10	6,20 / 22,7°C	12,02	46,14	< 10
		15	6,04 / 24,1°C	18,18	49,72	8,5x10 ³
		20	5,67 / 21,1°C	18,18	79,89	3,0x10 ⁴

Pode observar-se que o pH das amostras embaladas em diferentes atmosferas, ao longo do tempo de armazenamento e para as diferentes amostras embaladas, apresenta uma evolução semelhante. No dia em que foram embalados, a couve repolho apresentava um pH inicial de 5,90 e o feijão verde de 5,84. Nos primeiros 10 dias o pH sofreu um aumento maior que o verificado no restante período de armazenamento, salientando-se nas amostras de feijão verde um valor de pH diferente do valor inicial. No final do estudo, as amostras apresentaram valores de pH próximos dos iniciais.

Os gráficos apresentados nas Figuras 10 a 12 resumem os resultados obtidos na avaliação da alteração de cor ao longo do tempo de armazenamento, para os parâmetros L^* , a^* e b^* (Apêndice V).

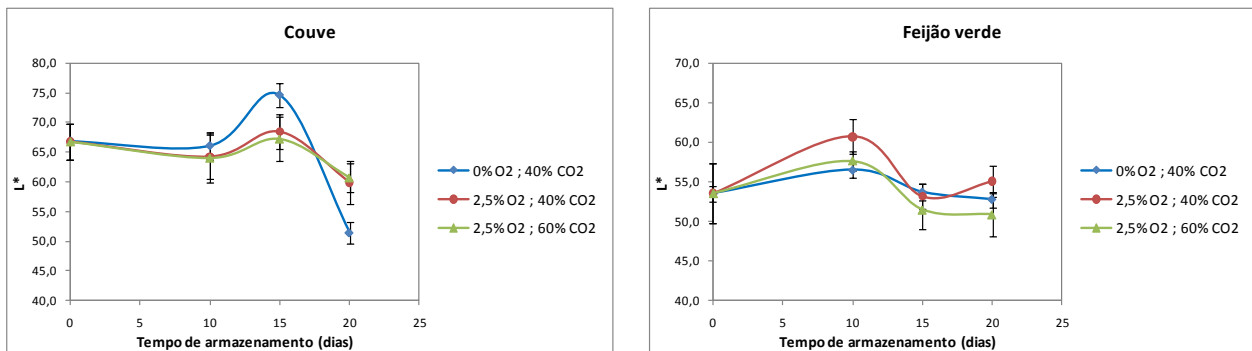


Figura 10- Evolução do parâmetro L^* da cor ao longo do tempo de armazenamento (valores médios \pm desvio padrão).

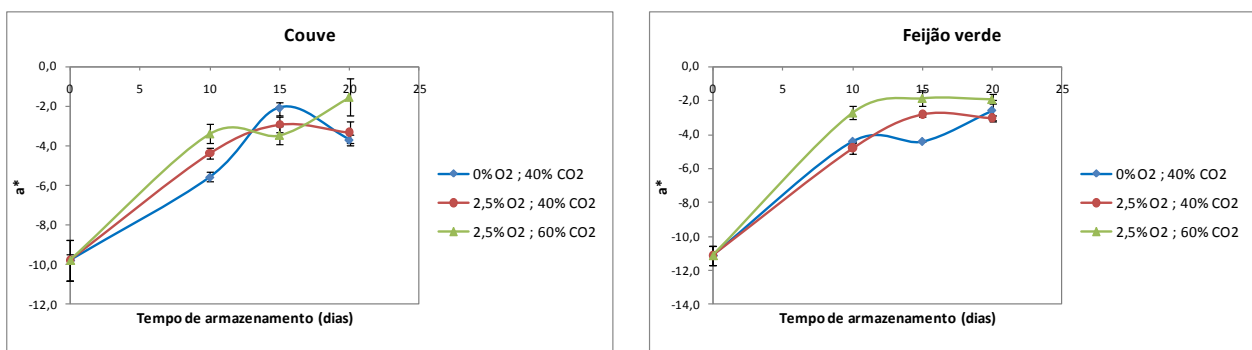


Figura 11 - Evolução do parâmetro a^* da cor ao longo do tempo de armazenamento (valores médios \pm desvio padrão).

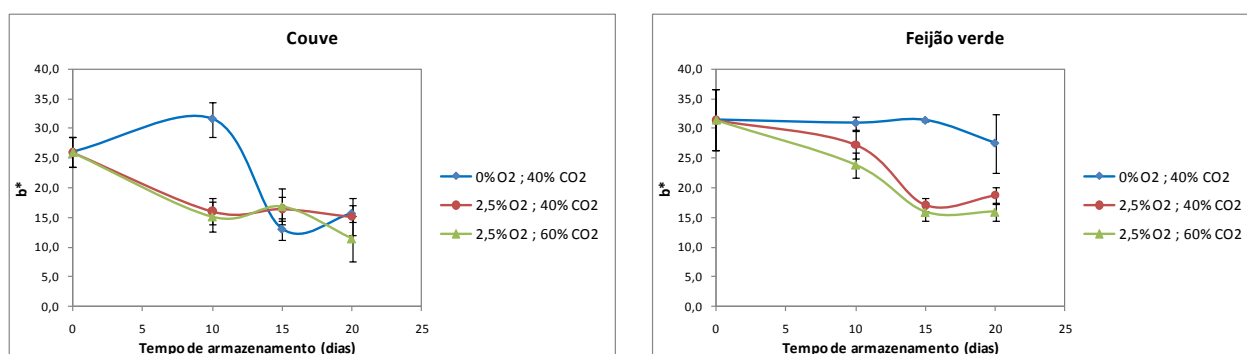


Figura 12 - Evolução do parâmetro b^* da cor ao longo do tempo de armazenamento (valores médios \pm desvio padrão).

Devido ao facto das amostras serem heterogéneas, sentiu-se alguma dificuldade na obtenção e comparação dos resultados. No entanto, pode constatar-se que a evolução do parâmetro luminosidade (L^*) foi semelhante nas diferentes amostras. Observando a Figura 10, é notório o decréscimo para o parâmetro L^* , nas amostras de couve no final do estudo.

Os parâmetros a^* e b^* estão directamente relacionados com a cor percebida. Em todas as amostras verificou-se uma diminuição dos valores negativos de a^* evidenciando a perda da coloração verde brilhante, tornando-se mais escura, o que foi acompanhado pelos valores obtidos de L^* e pela descida do b^* em direcção à cor mais azulada.

A variação da cor em relação à cor inicial (ΔE_{ab}) foi diferente nas amostras de couve e feijão verde. Na couve, a variação de cor foi mais acentuada na amostra embalada com a combinação de gases 0% O₂/40% CO₂, principalmente entre os dias 10 e 15. Já no caso do feijão verde, essa tendência verificou-se nas combinações de 2,5% O₂/40% CO₂ e 2,5% O₂/60% CO₂. De facto, analisando todos os gráficos relativos aos parâmetros L^* , a^* e b^* , as amostras acondicionadas com 0% O₂/40% CO₂ são aquelas que apresentam comportamento distinto.

No que diz respeito à actividade antioxidante, determinada pelo método de DPPH como descrito na secção 3.3.4, foi determinado o valor de EC₅₀ (concentração de amostra necessária para reduzir 50% a concentração inicial de DPPH em solução), a partir da percentagem de RSA em função da concentração da amostra (Apêndice VII).

Tendo em consideração que o valor de EC_{50} está inversamente relacionado com a capacidade antioxidante, verifica-se que as amostras de couve repolho apresentam uma capacidade antioxidante sempre superior, quando comparadas com as de feijão verde, ao longo do tempo de estudo (ver Tabela 7). Comparando as diferentes combinações de gases, as amostras embaladas com 0% O_2 /40% CO_2 , apresentam uma perda mais lenta de actividade antioxidante ao longo do estudo.

A análise dos componentes principais, relacionando de uma forma global os aspectos físico-químicos e a contagem de microrganismos a 30°C ao longo deste estudo preliminar, revela que, tal como esperado, estes parâmetros variam de um modo muito consistente, após a primeira amostragem. A Figura 13 apresenta o gráfico da componente principal 1 (CP1) *versus* componente principal 2 (CP2), tendo nos extremos dos eixos a indicação das principais relações entre as variáveis iniciais e essas mesmas componentes. Tal como se pode verificar na Figura 13, em termos gerais, o n.º de CFU/g (microrganismos totais), a variação da cor e a actividade antioxidante são explicados pela CP1, com todos os valores a aumentar da direita (parte positiva) para a esquerda da componente. Destaca-se também o facto de que o pH está representado na CP2, o que significa que apresenta uma variação independente dos restantes parâmetros estudados. É visível a subida inicial do pH, seguida de uma diminuição gradual. Assim, observa-se uma perda de actividade antioxidante acompanhada por um aumento na variação total da cor e aumento da carga microbiana (subida do n.º de CFU/g) ao longo do tempo. Estes resultados também já haviam sido constatados por Devlieghere *et al.* (2002). Salvaguarda-se o facto de que, neste estudo, a evolução da carga microbiana é meramente indicativa, pelo que não se pode concluir quanto à segurança microbiológica do produto. No entanto, esta contagem de microrganismos totais encontra-se dentro dos limites impostos pelo “*Guidelines for Assessing the Microbiological Safety of Ready-to-Eat Foods Placed on the Market*” (Health Protection Agency, 2009), em vigor para estes produtos. No que concerne a estes parâmetros, as amostras embaladas com concentração de CO_2 mais baixa (40%) são as que apresentam uma perda de qualidade mais lenta ou menos agravada.

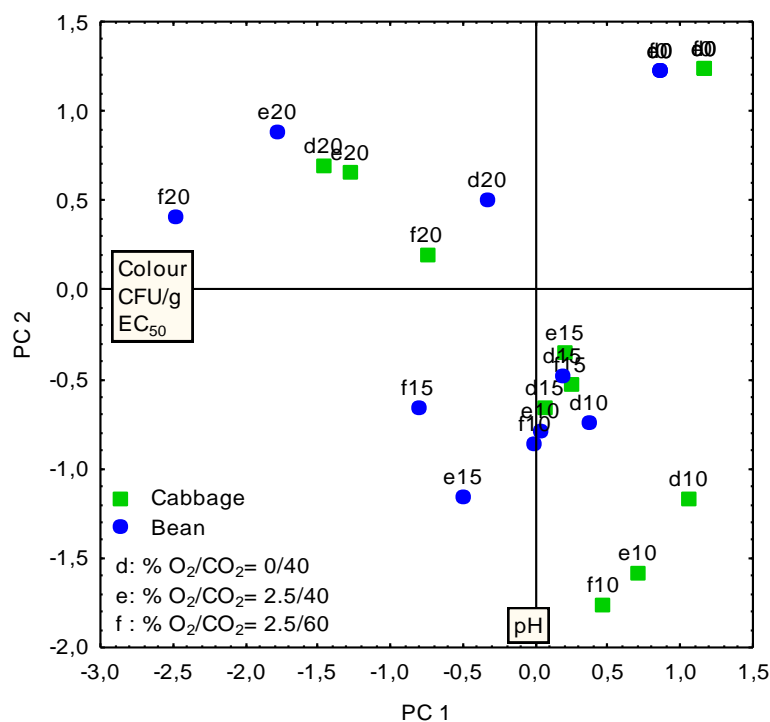


Figura 13 – Análise de componentes principais dos aspectos microbiológicos e físico-químicos do estudo preliminar.

Nas Figura 14 e 15 apresentam-se de forma resumida, os resultados da avaliação sensorial da couve e do feijão verde pré-cozinhados, realizada pelo painel de provadores treinado, bem como a prova de aceitabilidade pelos consumidores habitualmente frequentadores da cantina da ESTG (Apêndice IX).

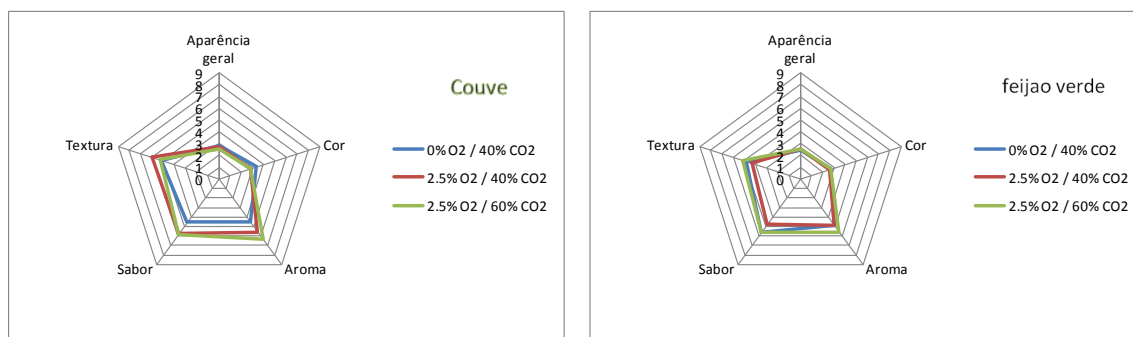


Figura 14 - Avaliação sensorial das amostras de couve repolho e de feijão verde, tal como efectuada pelos provadores no dia 15 (valores médios).

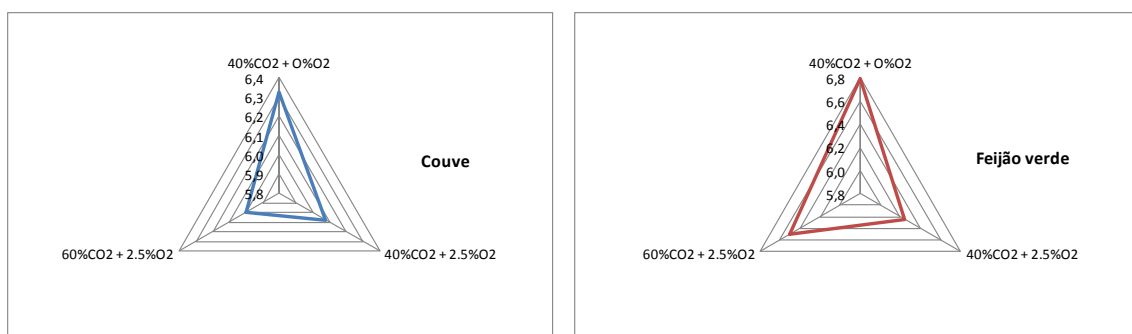


Figura 15 – Aceitabilidade das amostras de couve repolho e de feijão verde, tal como avaliada pelos consumidores no 15º dia (valores médios).

Os resultados obtidos revelaram que, apesar de terem sido detectados alguns defeitos pelo painel de provadores (Figura 14), as amostras de couve embaladas com as combinações de gases 0% O₂/40%CO₂ e 2,5% O₂/40%CO₂ e as amostras de feijão verde embalado com 0% O₂/40%CO₂ e 2,5% O₂/60%CO₂ são as mais apreciadas, de acordo com o teste de aceitabilidade realizado com os consumidores da cantina (Figura 15). Na opinião dos consumidores, a melhor combinação de gases de MAP para os vegetais pré-cozinhados é de 0% O₂/40%CO₂. O facto de a perda de actividade antioxidante ser mais baixa, o que de algum modo, revela uma actividade dos componentes bioactivos menos afectada, pode estar a determinar o juízo dos provadores e, muito provavelmente, a aceitabilidade dos consumidores. Esta relação entre o contributo dos compostos biologicamente activos (com actividade antioxidante) e algumas das propriedades organolépticas dos alimentos, neste caso vegetais, foi também observada e discutida por Ruiz-Rodriguez *et al.*, (2008).

Apesar de se conseguir tirar algumas conclusões, verificou-se que nesta fase do estudo os resultados obtidos na avaliação sensorial levaram a suspeitar de alguma inconsistência entre os provadores, talvez devido a falta de um treino mais direccionado para os produtos em questão. Tal veio a ser colmatado com um treino específico, descrito no ponto 3.4.2, para familiarizar os provadores com as características do envelhecimento da couve e do feijão verde. Inclusivamente, durante a sessão de treino realizada, foi possível identificar um aroma comum nas amostras de couve que já apresentavam um estado de degradação avançado e mais acentuado naquelas com mais tempo de armazenamento. O aroma foi identificado como sendo o sulfureto de dimetilo ((CH₃)₂S). Este composto pode, então, ser usado como padrão em treinos para detectar propriedades

organolépticas características do envelhecimento das couves. No que diz respeito às amostras de feijão verde, o mesmo não foi possível, nesta fase do trabalho.

4.2 Estudo realizado com a atmosfera 40%CO₂/60%N₂

Nesta fase do trabalho, o estudo foi realizado com uma mistura de gases 0% O₂/40% CO₂/60% N₂, atmosfera seleccionada no estudo descrito no ponto anterior. O controlo dos parâmetros da qualidade anteriormente referidos foi realizado de uma forma mais intensiva. Foram retiradas amostras para análise de parâmetros físico-químicos e contagem de microrganismos a 30°C após 5, 10, 15 e 20 dias de armazenamento e a análise sensorial foi realizada aos 0, 5, 10 e 15 dias de armazenamento. Antes da abertura da embalagem foi registado o aspecto geral de cada embalagem, nomeadamente a visualização de condensação de vapor de água no filme, a deformação da embalagem e a cor dos vegetais, para além de se ter verificado a composição da atmosfera introduzida no interior da embalagem (Apêndice IV). Foi também registada a presença de odores estranhos logo após a abertura de cada embalagem.

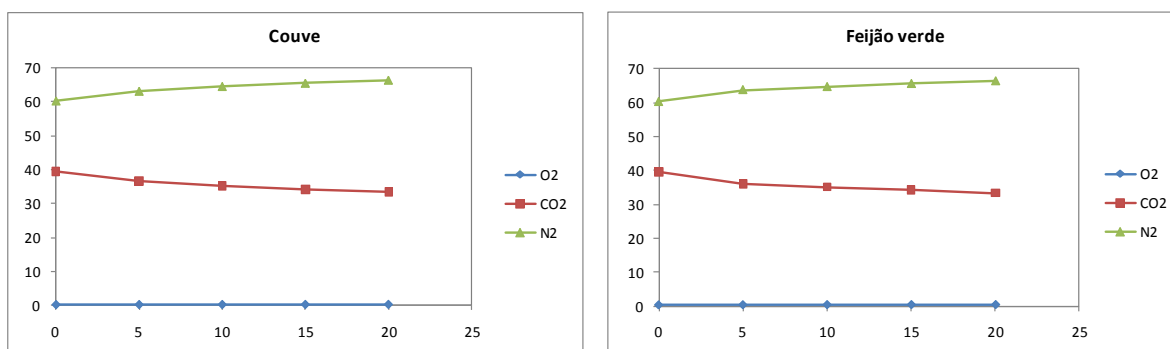


Figura 16 - Evolução do teor de O₂, CO₂ e N₂ no interior das embalagens de couve e feijão verde ao longo do estudo.

Analisando a Figura 16 pode observar-se que, tal como no estudo preliminar, a concentração de CO₂ atravessa uma fase de variação até atingir um equilíbrio.

No 15º dia foi visível em todas as embalagens a formação de uma única gota de vapor de água no filme que selava as embalagens. Após a abertura das embalagens, foi também registada alteração da cor e cheiro característico.

Na Tabela 8 apresentam-se os resultados das determinações efectuadas ao longo deste estudo.

Tabela 8 – Resultados obtidos no estudo final para os parâmetros pH, variação de cor (ΔE), actividade antioxidante (EC_{50}), humidade e microrganismos a 30°C (CFU), ao longo de 20 dias de armazenamento.

Amostra	Atmosfera	Dia	pH/T	ΔE_{ab}	EC_{50} (mg/mL)	Humidade	CFU/g
Couve repolho	0% O ₂ 40% CO ₂	0	6,05 / 23,2°C		22,95	94,19	< 10
		5	6,31 / 21,7°C	7,95	26,75	94,12	< 10
		10	6,28 / 21,1°C	10,77	30,40	94,03	< 10
		15	6,08 / 20,2°C	13,48	43,29	93,43	< 10
		20	6,22 / 20,4°C	16,55	45,34	93,04	< 10
Feijão verde	0% O ₂ 40% CO ₂	0	5,81 / 23,4°C		22,65	91,90	< 10
		5	6,07 / 21,6°C	4,58	24,75	91,72	< 10
		10	6,12 / 21,2°C	6,87	34,71	91,49	< 10
		15	6,05 / 20,1°C	7,29	39,79	91,06	< 10
		20	6,13 / 20,4°C	7,32	52,02	90,72	< 10

Segundo os resultados obtidos pode dizer-se, mais uma vez, que houve uma evolução do valor de pH muito semelhante nas duas amostras.

A percentagem de humidade diminuiu ao longo do estudo, contudo no final do tempo do armazenamento, ambas as amostras só apresentaram perdas de humidade de cerca de 1,2%. Este facto pode estar associado à formação de exsudados, o que visualmente se registou após o 10º dia. A formação de exsudados pode ser devida à presença de CO₂ sendo uma das desvantagens referidas na utilização de uma atmosfera modificada. A dissolução do gás no alimento e a sua reacção com a água provoca a formação de ácido carbónico (H₂CO₃) que, actuando sobre as estruturas das proteínas e fibras, conduz à perda de capacidade de retenção de água, tal como já observado por Sivertsvik *et al.* (2002).

Os resultados microbiológicos apresentaram valores abaixo dos limites legais, mais uma vez pode ser um indicativo de um crescimento microbiano desprezável e que o tempo de vida útil destes produtos pode ser de 18 a 20 dias sem danos para o consumidor. No entanto, relativamente a este parâmetro, e como já referido anteriormente, será necessário avaliar outros microrganismos, para garantir a segurança microbiológica dos produtos.

Nos gráficos das Figuras 17 à 19 pode observar-se a evolução dos resultados da cor revelada pelos parâmetros L^* a^* b^* (Apêndice VI), que ajudam à compreensão dos resultados obtidos na determinação da variação total de cor (ΔE_{ab} na Tabela 8).

Considerando que os desvios padrão são elevados devido à heterogeneidade das amostras, optou-se por apreciar apenas as tendências visíveis nas Figuras 17 a 19. Não parece haver alterações apreciáveis no parâmetro L^* , ao passo que nos parâmetros a^* e b^* acontece o contrário, isto é, um aumento nítido de a^* e uma diminuição de b^* ao longo do tempo.

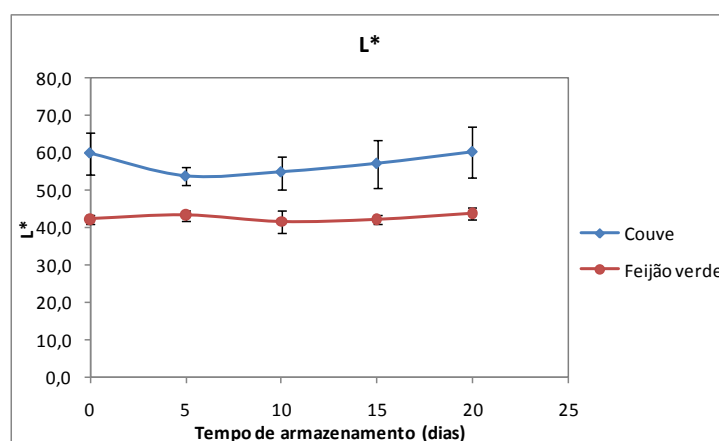


Figura 17 - Evolução do parâmetro L^* da cor ao longo do tempo de armazenamento (valores médios \pm desvio padrão).

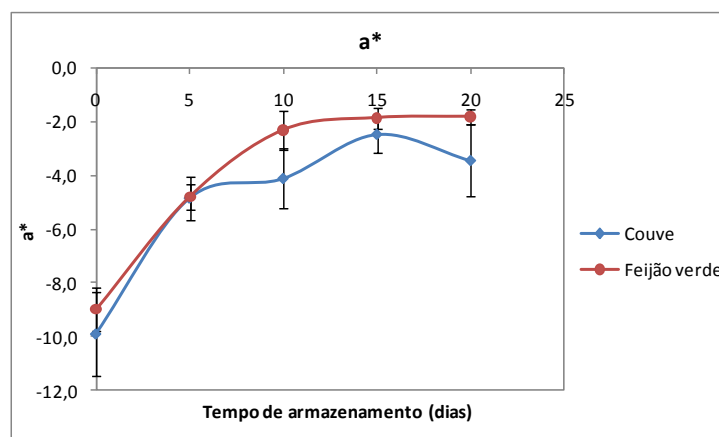


Figura 18 - Evolução do parâmetro a^* da cor ao longo do tempo de armazenamento (valores médios \pm desvio padrão).

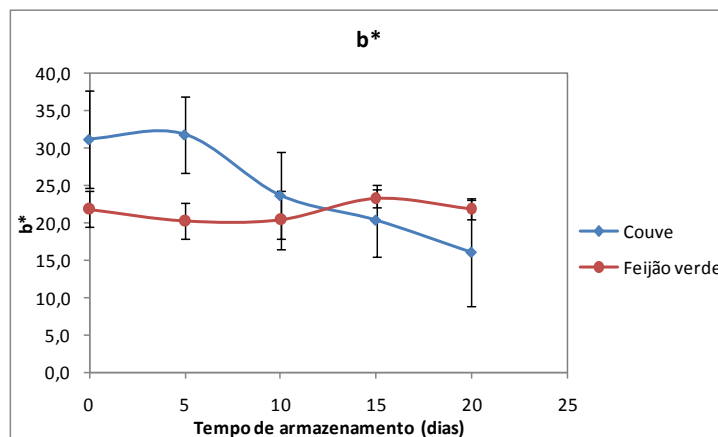


Figura 19 - Evolução do parâmetro b^* da cor ao longo do tempo de armazenamento (valores médios \pm desvio padrão).

A cor dos vegetais é um dos atributos que sofre grandes alterações durante o tempo de armazenamento. A forma como a cor dos vegetais evoluiu durante o período de embalagem e armazenamento pode determinar a sua aceitação pelo consumidor, pois uma grande alteração em relação à cor inicial poderá significar a rejeição do produto. A manutenção da cor verde é um importante indicador da qualidade dos vegetais. Como se pode observar na Tabela 8, a variação da cor apresenta uma tendência crescente, sendo na couve maior que no feijão verde. Para esta variação contribuiu uma diminuição no valor de a^* associado à cor verde. Os resultados apresentados na Figura 17, revelam que para o parâmetro L^* , o valor atingido no final do estudo é semelhante ao registado no início. É desejável que os valores no fim do tempo de armazenamento sejam semelhantes aos observados inicialmente, tal como aconteceu em ambas as amostras, verificando-se a ocorrência de ligeiras variações.

Na couve repolho a actividade antioxidante variou de uma forma gradual até ao 10º dia de armazenamento (ver Tabela 8), verificando-se uma diminuição mais acentuada após 15 dias de armazenamento. No feijão verde, verifica-se uma diminuição acentuada da actividade antioxidante logo após o 5º dia. No final de 20 dias de armazenamento, a perda de actividade antioxidante é maior nas amostras de feijão verde do que na couve repolho.

A análise de correlação dos vários parâmetros avaliados permitiu identificar a existência de relações entre as variáveis. Na Tabela 9 são apresentadas as correlações entre os parâmetros analisados e tempo de armazenamento na couve repolho e no feijão verde.

Destaca-se (a sublinhado) uma forte relação entre os parâmetros EC_{50} , ΔEab e a^* com o tempo de armazenamento (Dia). Verifica-se, também, uma correlação entre o parâmetro de cor a^* e a variação de actividade antioxidante (EC_{50}).

Tabela 9 – Matriz de correlações entre os parâmetros físico-químicos e o tempo de armazenamento das amostras de couve repolho e feijão verde.

	Dia	EC₅₀	pH	ΔEab	Humidade	L*	a*	b*
Dia	1,00	<u>0,97</u>	0,38	<u>0,79</u>	-0,33	0,05	<u>0,85</u>	-0,59
EC50	<u>0,97</u>	1,00	0,25	0,68	-0,39	0,02	<u>0,78</u>	-0,53
pH	0,38	0,25	1,00	0,64	0,45	0,47	0,45	0,17
ΔEab	<u>0,79</u>	0,68	0,64	1,00	0,18	0,43	0,70	-0,50
Humidade	-0,33	-0,39	0,45	0,18	1,00	<u>0,87</u>	-0,42	0,50
L*	0,05	0,02	0,47	0,43	<u>0,87</u>	1,00	-0,23	0,22
a*	<u>0,85</u>	<u>0,78</u>	0,45	0,70	-0,42	-0,23	1,00	-0,48
b*	-0,59	-0,53	0,17	-0,50	0,50	0,22	-0,48	1,00

Tendo, então, sido verificada a existência de variáveis correlacionadas entre si, justifica-se uma análise de componentes principais que permitirá obter uma imagem global dos resultados, pois cada componente representa um conjunto de variáveis (parâmetros) correlacionadas entre si.

Tabela 10 – Dois primeiros vectores próprios e valores próprios da matriz de correlação.

Parâmetro	VP 1	VP 2
Dia	<u>-0,976126</u>	-0,022162
EC50	<u>-0,918748</u>	0,056617
pH	-0,417354	<u>-0,727631</u>
ΔEab	<u>-0,836785</u>	-0,471550
Humidade	0,347692	<u>-0,915383</u>
L*	0,011414	<u>-0,913910</u>
a*	<u>-0,912531</u>	0,092860
b*	0,659639	-0,385728
Valor próprio	5,022819	2,586371

Tabela 11 – Matriz de componentes principais.

Amostras	CP 1	CP 2
C0	3,44009	-1,31459
C5	1,17360	-2,04342
C10	-0,15971	-1,72832
C15	-1,52953	-0,91817
C20	-2,57087	-1,40322
F0	2,73311	2,15329
F5	0,78753	1,23210
F10	-0,64168	1,23807
F15	-1,05542	1,45598
F20	-2,17712	1,32828

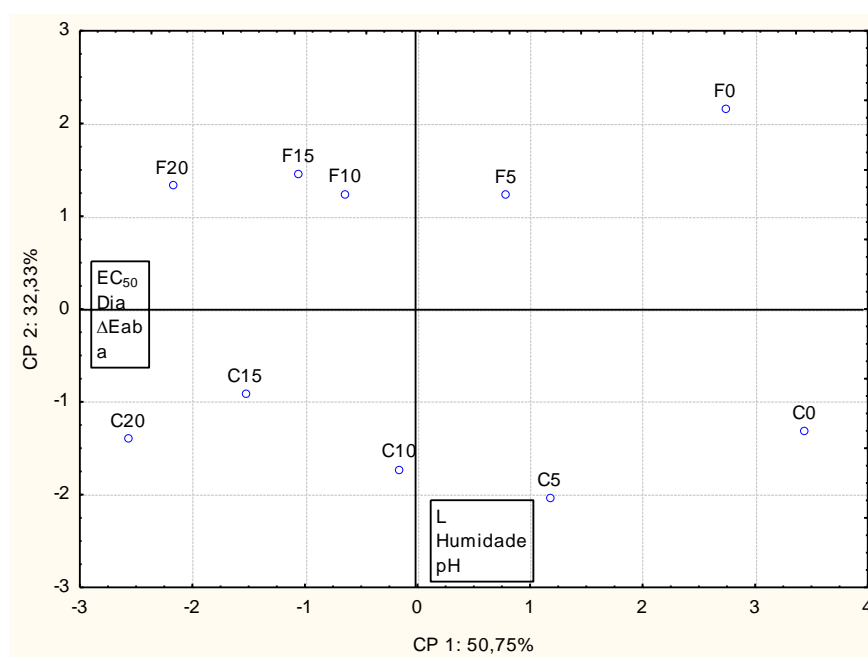


Figura 20 – Análise de componentes principais (aspectos físico-químicos do estudo final) correlacionando as amostras de couve repolho (C) e feijão verde (F).

A Tabela 10 mostra as duas primeiras dimensões obtidas na ACP, as únicas significativas apresentando valores próprios superiores à unidade. Esta tabela mostra quais os parâmetros representados em cada componente (indicados na tabela por sublinhado). Esses parâmetros, bem como o sentido da sua variação, foram transportados para a Figura 20, surgindo no extremo dos eixos. Esta figura foi construída a partir da Tabela 11, a tabela das componentes principais.

A análise de componentes principais mostra claramente que houve uma variação ao longo do tempo de armazenamento e mostra também que as maiores variações se verificam logo no início do armazenamento.

A CP 1 (que explica 50,75% da informação inicial), eixo horizontal, explica as variações observadas ao longo do tempo, com os parâmetros EC_{50} , ΔE_{ab} e a^* a aumentar ao longo eixo (no sentido negativo do eixo, ver Tabela 10). A CP 2 (que explica 32,33% da informação inicial), eixo vertical, explica as diferenças entre as amostras, couve repolho e feijão verde, verificando-se que essas diferenças se devem essencialmente aos valores de pH, L^* e Humidade, mais altos na couve.

Os resultados totais obtidos na avaliação sensorial das amostras pelo painel de provadores encontram-se no Apêndice X. Os gráficos das Figura 21 e 22, resumem os principais resultados, apreciados atributo a atributo.

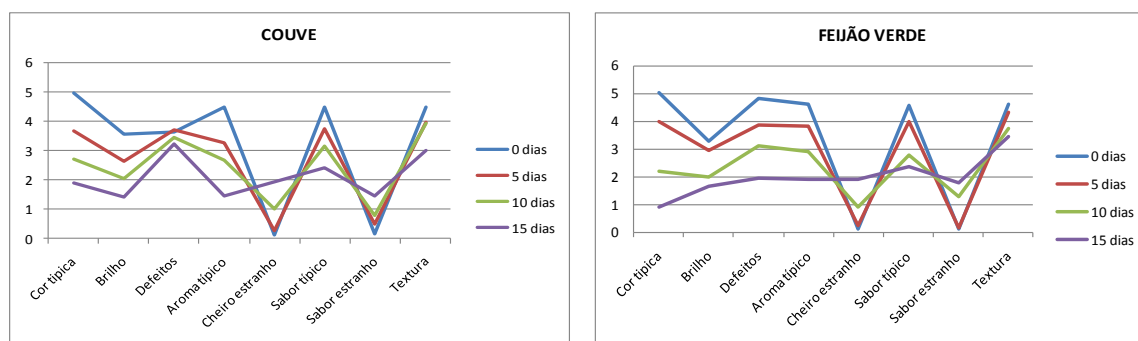


Figura 21 – Perfis sensoriais das amostras de couve repolho e de feijão verde após 0, 5, 10 e 15 dias de armazenamento (valores médios).

A Figura 21 é uma forma simples de comparar os resultados da análise sensorial, atributo a atributo, usando os resultados médios dos provadores. A partir do gráfico pode-se concluir que na avaliação sensorial foram detectadas alguns defeitos e diferenças entre as amostras mostrando os resultados que, uma diminuição da actividade antioxidante durante o armazenamento implica, também, uma perda de importantes propriedades organolépticas. Na figura, tal é verificado em relação aos atributos cor típica, brilho, aroma típico, sabor típico e textura, definidos e avaliados pelos provadores, ao longo do tempo de armazenamento.

Para além desta análise univariada, fez-se uma análise de variáveis canónicas. Trata-se de uma análise semelhante à análise de componentes principais, mas em que se analisam diferenças entre grupos. Cada variável canónica (VC) representa um conjunto de atributos correlacionados entre si, que permitem distinguir os grupos considerados. Cada grupo, nestas VC, é constituído pelo conjunto das respostas dos provadores para uma amostra, pelo que cada grupo representa uma amostra. A vantagem desta análise reside no facto de que permite ver se há diferenças entre produtos, quais as razões dessas diferenças e também se os provadores foram ou não coincidentes nas suas apreciações.

Tabela 12 – Identificação das variáveis canónicas (VC) – amostras de couve repolho.

VC	Eigen- value	EV %	Canonicl R	Wilks' Lambda	Chi-Sqr.	df	p-level
1	9,886391	96,84	0,952965	0,068374	67,06907	24	0,000006
2	0,225852	2,21	0,429233	0,744346	7,38123	14	0,919015
3	0,095941	0,939	0,295875	0,912458	2,29034	6	0,891155

Tabela 13 – Correlação entre atributos sensoriais e variáveis canónicas.

	VC1	VC 2	VC 3
Cor típica	<u>0,490073</u>	0,263565	0,399609
Brilho	0,155423	-0,121451	-0,202062
Defeitos	0,016225	0,093486	-0,071067
Aroma típico	<u>0,412337</u>	<u>-0,464928</u>	-0,468887
Cheiro estranho	-0,209689	<u>-0,430733</u>	0,552494
Sabor típico	<u>0,306969</u>	-0,136835	-0,447584
Sabor estranho	-0,115212	0,019779	0,182852
Textura	0,110533	<u>-0,338621</u>	-0,024963

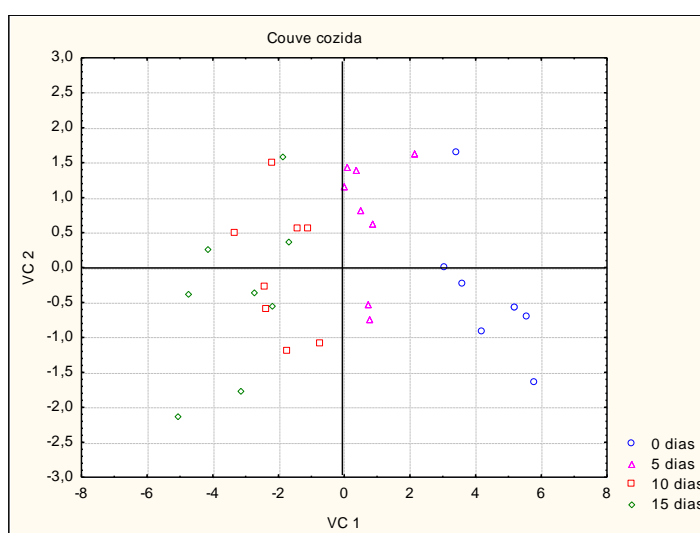


Figura 22 – Representação nas variáveis canónicas, sendo a VC1 a única significativa.

A Tabela 12 mostra que o VC1 é muito importante (explica cerca de 97% da informação), ao passo que as restantes, com valores próprios inferiores a 1, não são. Na Figura 22 onde se representam as variáveis canónicas VC1 vs VC2, verifica-se que os provadores encontraram diferenças perceptíveis ao longo do tempo. Essas diferenças explicam-se através da Tabela 13, podendo concluir-se que os atributos mais ponderados pelos provadores foram os relativos à tipicidade do cheiro, do sabor e da cor, positivamente correlacionados com a VC1. Pode também observar-se uma diferença inicial, imediatamente percebida (tempo zero) que se destaca das restantes amostras.

Tabela 14 – Identificação das variáveis canónicas (VC) - amostras de feijão verde.

VC	Eigen- value	EV%	Canonicl R	Wilks' Lambda	Chi-Sqr.	df	p-level
1	4,546134	88,5	0,905370	0,109856	55,21461	24	0,000293
2	0,481328	9,37	0,570027	0,609276	12,38709	14	0,575247
3	0,107986	0,210	0,312189	0,902538	2,56360	6	0,861283

Tabela 15 – Correlação entre atributos sensoriais e variáveis canónicas.

	VC 1	VC 2	VC 3
Cor típica	<u>0,647369</u>	-0,145717	-0,003142
Brilho	0,204640	-0,264660	-0,109558
Defeitos	0,378026	-0,198270	0,212952
Aroma típico	<u>0,539936</u>	-0,385594	0,076810
Cheiro estranho	-0,350717	0,071415	0,421034
Sabor típico	<u>0,388672</u>	-0,517537	-0,045879
Sabor estranho	-0,320499	0,355991	0,507716
Textura	0,192537	-0,229440	-0,013405

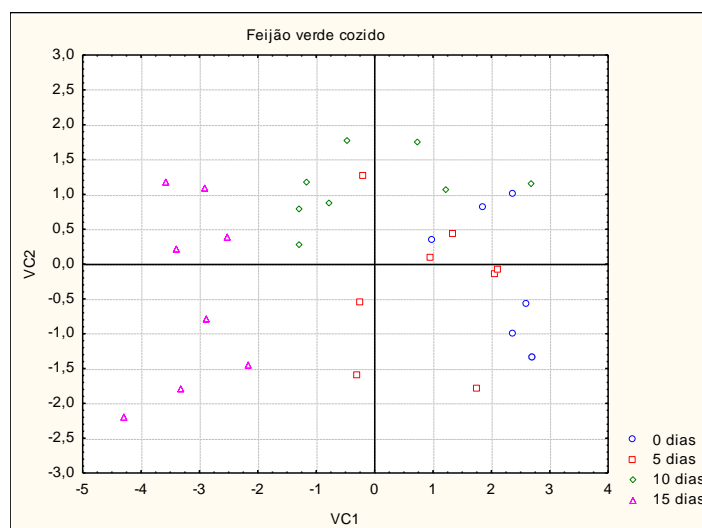


Figura 23 – Representação nas variáveis canónicas, sendo a VC1 a única significativa.

No caso do feijão verde, também só a VC1 é significativa e explica cerca de 90% da informação (Tabela 14). A análise de variáveis canônicas (Figura 23) revela também aqui, que os provadores perceberam as diferenças ao longo do tempo, mas apenas as amostras do 15º dia estão verdadeiramente destacadas das restantes. Tal como se vê a partir da Tabela 15, a VC1 representa uma oposição entre os atributos relativos à tipicidade (correlacionando-se no sentido positivo da variável), e os aspectos estranhos (sabor e cheiro estranho) que se correlacionam no sentido negativo da variável. Verificam-se diferenças entre os provadores nas outras amostras, que se confundem na VC1.

Mesmo depois do treino específico realizado para tentar desfazer a confusão observada entre a opinião dos provadores, a AVC (Figura 22 e 23) mostra que continua a haver muitas diferenças entre eles. Isto interpreta-se em termos de análise sensorial como estando a responder aleatoriamente. Assim, pode dizer-se que os métodos de conservação implementados são adequados, mantendo as amostras sem diferenças perceptíveis, pelo menos até ao 15º dia.

5. CONCLUSÕES GERAIS

O trabalho realizado e apresentado nesta dissertação pretende dar resposta às dificuldades associadas ao processo de produção e distribuição de refeições pelas diferentes cantinas dos SAS do IPVC. É importante diminuir os custos de produção e dos desperdícios e, simultaneamente, manter a qualidade das refeições servidas. A variedade de técnicas disponíveis e emergentes para conservação e garantia da qualidade alimentar actualmente é imensa. A embalagem em atmosfera modificada é uma tecnologia que consegue manter a qualidade e prolongar o tempo de vida útil, tudo devido à desaceleração da velocidade das reacções de degradação e pela diminuição ou redução do crescimento dos microrganismos responsáveis pela deterioração dos alimentos. Os níveis óptimos de O₂ e CO₂ na atmosfera da embalagem variam de acordo com o produto em causa e deverão ser ajustados para cada caso. Muito pouca informação está disponível sobre a influência da MAP na qualidade nutricional dos produtos alimentares que não respiram, como é o caso dos vegetais pré-cozinhados.

No estudo realizado, a embalagem em atmosfera modificada dos vegetais pré-cozinhados permitiu prolongar o tempo de vida útil das amostras, o que poderá justificar o investimento neste tipo de conservação.

A avaliação físico-química revelou algumas alterações ao longo do tempo de armazenamento, nomeadamente alteração da cor e da actividade antioxidante. Estas alterações reflectiram-se nos resultados obtidos na análise sensorial. A cor dos vegetais é uma das características que condiciona a escolha do consumidor. A atmosfera modificada conseguiu, de um modo geral, uma maior preservação do aspecto inicial dos vegetais. No entanto, não foi afectada a aceitabilidade que foi elevada, sobretudo no que concerne à mistura seleccionada para a embalagem dos alimentos confeccionados na cantina. O facto de na análise sensorial se apresentarem todas as amostras em simultâneo permitiu aos provadores verificar mais facilmente diferenças. Já nos consumidores, que vêem apenas uma das amostras, pronunciaram-se sobre os produtos, tendo dificuldade em verificar diferenças em relação “às suas representações mentais” destes produtos. Daí que os provadores consigam detectar diferenças e os consumidores não.

Quanto à avaliação sensorial efectuada pelo painel de provadores no estudo final, revelou resultados satisfatórios, embora se possa concluir que o painel necessita de mais treino. De qualquer forma, os provadores detectaram que as amostras apresentaram alguns defeitos nos atributos cheiro e sabor, principalmente nas amostras com 10 dias de armazenamento.

Os efeitos da cozedura e processamento dos alimentos são complexos, podendo aumentar a biodisponibilidade dos antioxidantes, como alguns carotenóides nos vegetais. Em geral, os alimentos processados contêm antioxidantes em menor quantidade que nos alimentos frescos e crus, uma vez que os processos de preparação dos alimentos podem facilitar a exposição ao oxigénio, devido à solubilização e drenagem para o meio de confecção durante a etapa de cozedura. Durante o estudo desenvolvido, as alterações na actividade antioxidante foram mais acentuadas a partir do 10º dia de armazenamento.

Nos estudos desenvolvidos, as amostras de vegetais pré-cozinhados revelaram valores satisfatórios de qualidade microbiológica nas contagens de microrganismos a 30°C, considerando os valores guia apresentados no “*Guidelines for Assessing the Microbiological Safety of Ready-to-Eat Foods Placed on the Market*” (Health Protection Agency, 2009). Este parâmetro não contribui para uma avaliação da segurança, apenas servindo como indicador da qualidade geral das amostras.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Adrian, Jean, Potus, Jacques, Poiffait, Annie (2000). Análisis nutricional de los alimentos. Editorial Acribia, p. 115-122.

Almeida, Domingos (2006). Manual de Culturas Hortícolas. Editorial Presença. Vol. I, p. 245-258.

Almeida, Domingos (2006). Manual de Culturas Hortícolas. Editorial Presença. Vol. II, p. 247-270.

Alves, M.R.; Oliveira, M.B. (2005). Monitorization of Consume rand Naif Panels in the Sensory Evaluation of Two Types of Potato Chips by Predictive Biplots Applied to Generalized Procrustes and 3-way Tucker-1 Analysis. *Journal of Chemometrics* **19**: 564-574.

Alves, M.R. (1995). Análise estatística multivariada no estudo de resultados do controlo da qualidade sensorial de alimentos. Tese de Provas Públicas para a categoria de Professor Coordenador. Instituto Politécnico de Viana do Castelo.

Aguiar, A., Alves, M.R. (1993). Especificações Sensoriais: aplicação a diferentes tipos de produção de batata frita. 1as Jornadas das Indústrias Alimentares. Instituto Superior de Agronomia, **1**: 21-26.

AOAC 981.12 (1995). Vegetables Products, Processed. pH of Acidified Foods.

Baptista, P., Antunes, C., (2005). Higiene e Segurança Alimentar na Restauração – Volume II – Avançado. Forvisão – Consultoria e Formação Integrada, S.A, p.4.

Barbosa, C.D. (2007). Avaliação de Compostos Polares em Óleos de Fritura. Desenvolvimento de uma Metodologia de SPE-HPSEC-ELSD. Dissertação obtenção do grau de mestre apresentada à Faculdade de Farmácia da Universidade do Porto.

Barreto, A. S. (2006). Segurança Alimentar - um compromisso da sociedade. Livro de resumos do XVI Congresso de Zootecnia: Saber produzir, saber transformar, Escola Superior Agrária de Castelo Branco, 1-3.

Barros, L., P. Baptista, et al. (2007). Effect of *Lactarius piperatus* fruiting body maturity stage on antioxidant activity measured by several biochemical assays. *Food and Chemical Toxicology* **45**(9): 1731-1737.

Brandwilliams, W., M. E. Cuvelier, et al. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie* **28**(1): 25-30.

Botelho, R.B.A., Mercadante, A.Z. (2003). Influência de cultivar/variedade e efeitos geográficos na composição de carotenóides em alimentos – uma revisão. *B.SBCTA.*, v. 37, supl., p. 29-34.

CAC. (2003). Código de práticas internacionais recomendadas - princípios gerais de higiene alimentar. Comissão do Codex Alimentarius. CAC/RCP 1-1969.

Castro, A.G.; Pouzada, A.S. (2003). Embalagens para a Indústria Alimentar. Instituto Piaget, Lisboa.

Chu, Y.-H., C.-L. Chang and H.-F.Hsu.(2000). Flavonoid content of several vegetables and their antioxidant activity. *Journal of Science of Food and Agriculture* **80**: 561-566

Coles, R., McDowell, D., Kirwan, M.J. (2004). Manual del Envasado de Alimentos y Bebidas. A. Madrid Vicente-Mundi-Prensa, Madrid, Espanha.

Creed, P. G. (2001). The potential of foodservice systems for satisfying consumer needs. *Inovative Food Science & Emerging Technologies* 2, pp. 219 – 227.

Decreto-Lei n.º 121/98. D.R. n.º 106, Série I-A de 1998-05-08. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.

Decreto-Lei n.º 148/2005. D.R. n.º 165, Série I-A de 2005-08-29. Ministério da Agricultura, do Desenvolvimento Rural e das Pescas.

Devlieghere, F.; Debevere, J. and Van Impe, J., (1998). Concentration of carbon dioxide in the water-phase as a parameter to model the effect of a modified atmosphere on microorganisms. *International Journal of Food Microbiology* **43**: 105–113.

Devlieghere, F.; Debevere, J. and Van Impe, J., (1998). Effect of dissolved carbon dioxide and temperature on the growth of *Lactobacillus sake* in modified atmospheres. *International Journal of Food Microbiology* **41**: 231-238.

Devlieghere, F.; Gil, M.I. and Debevere, J., (2002). Modified atmosphere packaging. *The Nutrition Handbook for Food Processors* **16**: 342–362.

Dittrich, K., Leitzmann, C. (1998). Los alimentos bioactivos. Guia de los alimentos que curan y protegen de las enfermedades. RBA Ediciones de Librerías, S.A., Barcelona, Espanha.

Evans, J., S. Russell, et al. (1996). Chilling of recipe dish meals to meet cook-chill guidelines. *International Journal of Refrigeration-Revue Internationale Du Froid* **19**(2): 79-86.

Fellows, P. (2002). Controlled- or modified-atmosphere storage and packaging. In: *Food Processing Technology Principles and Practice*, Second Edition. Cambridge, UK, Woodhead publishing.

FIPA (2002). *Segurança Alimentar*. Lisboa: Federação das indústrias Portuguesas Agro- Alimentares.

Flood, A., E. M. Velie, et al. (2002). Fruit and vegetable intakes and the risk of colorectal cancer in the Breast Cancer Detection Demonstration Project follow-up cohort. *American Journal of Clinical Nutrition* **75**(5): 936-943.

FSAI (2005). Guidance note no. 18: Determination of food shelf-life. Dublin: Food Safety Authority of Ireland, 1-41.

Gaze, J. (2005). Microbiological aspects of thermally processed foods. *Journal of Applied Microbiology* **98**(6): 1381-1386.

Giannakourou, M. C. and P. S. Taoukis (2003). Kinetic modelling of vitamin C loss in frozen green vegetables under variable storage conditions. *Food Chemistry* **83**(1): 33-41.

Gry, J., L. Black, et al. (2007). EuroFIR-BASIS - a combined composition and biological activity database for bioactive compounds in plant-based foods. *Trends in Food Science & Technology* **18**(8): 434-444.

Health Protection Agency (2009). *Guidelines for Assessing the Microbiological Safety of Ready-to-Eat Foods Placed on the Market*. London: Health Protection Agency. Disponível em: http://www.hpa.org.uk/web/HPAwebFile/HPAweb_C/1259151921557.

Heleno, S. A., L. Barros, et al. (2010). Tocopherols composition of Portuguese wild mushrooms with antioxidant capacity. *Food Chemistry* **119**(4): 1443-1450.

Holland, B., Unwin, I.D., Buss, D.H. (1991). "Vegetables, Herbs and Spices. The fifth supplement to McCance & Widdowson's. *The Composition of Foods* (4th Edition). Royal Society of Chemistry. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. MAFF.

Howard, L.A., Jeffery, E.H., Wallig, M.A., Klein, B.P. (1997). Retention of phytochemicals in fresh and processed broccoli. *Journal of food science* **62**: 1098-1104.

Hyson, D. (2002). *The health benefits of fruits and vegetables: a scientific overview for health professionals*. Wilmington, DE: Produce for Better Health Foundation, p.20.

ISO 4833:2003(E) – Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal method for the enumeration of microorganisms-Colony-count technique at 30°C

ISO 8586-1:1993 – Sensory analysis - General guidance for the selection, training and monitoring of assessors - Part 1: Selected assessors

ISO 8587:2006 – Sensory analysis - Methodology - Ranking

Jacobsson, A., T. Nielsen, et al. (2004). Influence of packaging material and storage condition on the sensory quality of broccoli. *Food Quality and Preference* **15**(4): 301-310.

Jimenez-Monreal, A. M., L. Garcia-Diz, et al. (2009). Influence of Cooking Methods on Antioxidant Activity of Vegetables. *Journal of Food Science* **74**(3): H97-H103.

Johns, N. (1995). *Higiene de los alimentos: directrices para profesionales de hotelaria, restauración e catering*. Zaragoza: Acribia.

Kris-Etherton, P. M., K. D. Hecker, et al. (2002). Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine* **113**(Supplement 9B): 71S-88S.

Kohen, R. and A. Nyska (2002). Oxidation of biological systems: Oxidative stress phenomena, antioxidants, redox reactions, and methods for their quantification. *Toxicologic Pathology* **30**(6): 620-650.

Lee, Tung-Ching and Ho, Chi-Tang (2002). *Bioactive compounds in Foods: effects of processing and storage*. American Chemical Society.

Leistner, L., Gorris, L. G. M. (1995). *Food Preservation by hurdle technology*. *Trends in Food Science and Technology* **6**: 41-46.

Lisiewska, Z. and W. Kmiecik (1996). Effects of level of nitrogen fertilizer, processing conditions and period of storage of frozen broccoli and cauliflower on vitamin C retention. *Food Chemistry* **57**(2): 267-270.

Louro, L. e Nunes, J.C. (1988). *Análise Sensorial em Alimentos*. Ministério da Indústria e Energia, Lisboa, 1-5.

Macdougall, D. B. (2002). *Colour measurement of food: Principles and practice* _in *Colour in food: Improving quality*. MACDOUGALL, D. B. (Podsedek, Sosnowska et al.), Woodhead Publishing Limited, Inglaterra.

Machlin, L.J. (1991). Vitamin E. In: Machlin, L.J. (Ed.) *Handbook of vitamins*. 2nd ed. New York: Marcel dekker, cap. 3, p.99-146.

Mackey, B. M., C. Pritchett, et al. (1990). Heat resistance of *Listeria*: strain differences and effects of meat type and curing salts. *Letters in Applied Microbiology* **10**(6): 251-255.

Madrid, A., Pastrana-Gómez, J.M., Santiago, F., Madrid, J.M., Cenzano, J.M. (2003). *Refrigeración, Congelación y Envasado de Los Alimentos*. AMV Ediciones, Madrid.

Martins, Margarida Moldão, Empis, José (2000). *Produtos Hortofrutícolas Frescos ou Minimamente Processados - Processamentos Mínimos*. Sociedade Portuguesa de Inovação. Porto.

Miglio, C., E. Chiavaro, et al. (2008). Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **56**(1): 139-147.

Miliauskas, G., P. R. Venskutonis, et al. (2004). Screening of radical scavenging activity of some medicinal and aromatic plant extracts. *Food Chemistry* **85**(2): 231-237

Nicoli, M. C., M. Anese, et al. (1999). Influence of processing on the antioxidant properties of fruit and vegetables. *Trends in Food Science & Technology* **10**(3): 94-100.

Nissen, H., J. T. Rosnes, et al. (2002). Safety evaluation of sous vide-processed ready meals. *Letters in Applied Microbiology* **35**(5): 433-438.

Ooraikul, B. (2003). Modified Atmosphere Packaging (MAP). In: P. Zeuthen, L. Bogh-Sorensen (Eds), *Food Preservation Techniques*. Cambridge, UK: Woodhead publishing.

Organização Mundial de Saúde (2006). Documento informativo para o Workshop de Lisboa sobre a promoção de Hortofrutícolas nos Países de Expressão Portuguesa. Disponível em: <http://www.who.int/dietphysicalactivity/bckground%20paper%20Lisboa%20web.pdf>

Parry, R.T. (1993). *Envasado de los alimentos en atmosfera modificada*. A. Madrid Vicente, Ediciones, Madrid, Espanha.

Paul, D. R. and R. Clarke (2002). Modeling of modified atmosphere packaging based on designs with a membrane and perforations. *Journal of Membrane Science* **208**(1-2): 269-283.

Peryam, D.R. & Pilgrim, F.J. (1957). Hedonic scale method of measuring food preferences. *Food Technology*, 9-14.

Phillips, C. A. (1996). Review: Modified Atmosphere Packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce. *International Journal of Food Science and Technology* **31**(6): 463-479.

Pinchuk, I. and D. Lichtenberg (2002). The mechanism of action of antioxidants against lipoprotein peroxidation, evaluation based on kinetic experiments. *Progress in Lipid Research* **41**(4): 279-314

Piironen, V. et al. (1986). Tocopherols and tocotrienols in finnish foods: vegetables fruits and berries. *J. Agric. Food Chem.* **34** (4): 742-746.

Podsdek, A., D. Sosnowska, *et al.* (2006). Antioxidant capacity and content of Brassica oleracea dietary antioxidants. *International Journal of Food Science and Technology* **41**: 49-58.

Pokorny, J., Yanishlieva, N., Gordon, M. (2001). Antioxidants in food. Practical applications. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, England.

Regulamento (CE) n.º 1441/2007 da Comissão, de 5 de Dezembro de 2007 que altera o Regulamento (CE) n.º 2073/2005 relativo a critérios microbiológicos aplicáveis aos géneros alimentícios.

Ruiz-Rodriguez, A., *et al.*(2008). Effect of domestic processing on bioactive compounds. *Phytochem Rev* 7: 345-384.

Rufino *et al* (2007). Metodologia Científica: Determinação da Actividade Antioxidante Total em Frutas pela Captura do radical Livre DPPH. Embrapa, Fortaleza.

Stahl, W., Sies, H. (1992). Uptake of Lycopene and its Geometrical-Isomers is Greater from Heat-Processed Than from Unprocessed Tomato Juice in Humans. *The Journal of nutrition* **122**: 2161-2166.

StatSoft, Inc. (2004). STATISTICA (data analysis system), version 7. www.statsoft.com

Schlesier, K., M. Harwat, et al. (2002). Assessment of antioxidant activity by using different in vitro methods. *Free Radical Research* **36**(2): 177-187

Seabra, R. M., P. B. Andrade, et al. (2006). Antioxidant compounds extracted from several plant materials. *Biomaterials from Aquatic and Terrestrial Organisms*: 115-174.

Seideman, S.C., Durland, P.R. (1984). The Utilization of Modified Gas Atmosphere Packaging for Fresh Meat: a review. *Journal of Food Quality* **6**: 239-252.

Seyfert, M., Mancini, R.A., Hunt, M.C., Tang, J., Faustman, C. (2007). Influence of carbon monoxide in package atmospheres containing oxygen on colour, reducing activity, and oxygen consumption of five bovine muscles. *Meat Science* **75**: 432-442.

Simon, A., E. Gonzalez-Fandos, et al. (2008). Effect of film and temperature on the sensory, microbiological and nutritional quality of minimally processed cauliflower. *International Journal of Food Science and Technology* **43**(9): 1628-1636.

Simpson, R., Acevedo, C., Almonacid, S.(2009). Mass transfer of CO₂ in MAP systems: Advances for non-respiring foods. *Journal of Food Engineering* **92**: 233-239.

Sivertsvik, M., Rosnes, J. T., Bergslien, H. (2002). Modified atmosphere packaging. In: T. Ohlsson, & N. Bengtsson (Eds.), *Minimal processing technologies in the food industry*. Cambridge, UK: Woodhead publishing.

Song, K., Milner, J.A. (2001). The influence of heating on the anticancer properties of garlic. *Journal of Nutrition* **131**:1054S-1057S.

Sousa, M., Alves, M.R. (2008). Atmosferas Modificadas. Evolução na conservação de produtos. *Segurança e Qualidade Alimentar* **4**: 40-43.

Sultana, B., Anwar, F., Iqbal, S. (2008). Effect of different cooking methods on the antioxidant activity of some vegetables from Pakistan. *International Journal of Food Science Technology* **43**(3), 560-567.

Torres, Duarte (2009). Produção de refeições e alterações nutricionais nos alimentos. *Alimentação Humana*, v. 15, p. 66-71.

Trombino, S., S. Serini, et al. (2004). Antioxidant effect of ferulic acid in isolated membranes and intact cells: Synergistic interactions with alpha-tocopherol, beta-carotene, and ascorbic acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **52**(8): 2411-2420.

Vandekinderen, I., J. Van Camp, et al. (2009). Effect of decontamination on the microbial load, the sensory quality and the nutrient retention of ready-to-eat white cabbage. *European Food Research and Technology* **229**(3): 443-455.

Veiga, A. et al (2009). Perfil dos Riscos dos Principais Alimentos Consumidos em Portugal. Autoridade de Segurança Alimentar e Económica. Direcção de Avaliação e Comunicação dos Riscos.

Yuan, J.T.C. (2003). Modified Atmosphere Packaging for Shelf-Life Extension. In: J.S. Novak, G.M. Sapers, V.K. Juneja (Eds), *Microbial safety of minimally processed foods*. CRC Press, Boca Raton, USA.

Zeuthen, P. (2002). Safety criteria for minimally processed foods. In: T. Ohlsson, & N. Bengtsson (Eds). *Minimally processing technologies in the food industry*. Cambridge, UK: Woodhead publishing.

CIBERGRAFIA

<http://www.esb.ucp.pt/twt/embalagem/MyFiles/biblioteca/publicacoes/sebenta/seb41.pdf>

<http://www.liec.iq.unesp.br>

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Repolho>

http://en.wikipedia.org/wiki/Common_bean

http://www.esac.pt/noronha/A.S/07_08/Cor_alimentos.pdf

APÊNDICES

APÊNDICE I – Folha de prova usada na análise sensorial pelos provadores no estudo preliminar.

Nome: _____ Idade: _____
Data: __/__/____

Sr(a) Provador, tem à sua frente 3 amostras de vegetais. Por favor, primeiro aprecie o aspecto geral, depois o cheiro e finalmente o sabor. Avalie os atributos descritos na lista. Obrigado.

Código da Amostra _____

Aspecto Geral	Esperado	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito alterado
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Cor	Esperado	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito alterado
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Cheiro típico	Pouco intenso	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito intenso
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Sabor típico	Pouco intenso	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito intenso
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Textura durante a mastigação	Desfaz-se	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tipo borracha
1	2	3	4	5	6	7	8	9				

Código da Amostra _____

Aspecto Geral	Esperado	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito alterado
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Cor	Esperado	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito alterado
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Cheiro típico	Pouco intenso	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito intenso
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Sabor típico	Pouco intenso	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito intenso
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Textura durante a mastigação	Desfaz-se	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tipo borracha
1	2	3	4	5	6	7	8	9				

Código da Amostra _____

Aspecto Geral	Esperado	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito alterado
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Cor	Esperado	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito alterado
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Cheiro típico	Pouco intenso	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito intenso
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Sabor típico	Pouco intenso	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Muito intenso
1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Textura durante a mastigação	Desfaz-se	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 2px 5px;">1</td><td style="padding: 2px 5px;">2</td><td style="padding: 2px 5px;">3</td><td style="padding: 2px 5px;">4</td><td style="padding: 2px 5px;">5</td><td style="padding: 2px 5px;">6</td><td style="padding: 2px 5px;">7</td><td style="padding: 2px 5px;">8</td><td style="padding: 2px 5px;">9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Tipo borracha
1	2	3	4	5	6	7	8	9				

APÊNDICE II - Folha de prova utilizada no teste de aceitação dos consumidores no estudo preliminar.

Nome: _____ Data: _____	
Por favor prove as amostras que lhe são apresentadas. Assinale com um X o grau em que aprecia. Entre cada amostra, por favor, lave a boca com água.	
Amostra: _____	<input type="checkbox"/> Extremamente agradável <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/> Moderadamente agradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/> Nem agradável nem desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/> Moderadamente desagradável <input type="checkbox"/> Muito desagradável <input type="checkbox"/> Extremamente desagradável

Nome: _____ Data: _____	
Por favor prove as amostras que lhe são apresentadas. Assinale com um X o grau em que aprecia. Entre cada amostra, por favor, lave a boca com água.	
Amostra: _____	<input type="checkbox"/> Extremamente agradável <input type="checkbox"/> Muito agradável <input type="checkbox"/> Moderadamente agradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente agradável <input type="checkbox"/> Nem agradável nem desagradável <input type="checkbox"/> Ligeiramente desagradável <input type="checkbox"/> Moderadamente desagradável <input type="checkbox"/> Muito desagradável <input type="checkbox"/> Extremamente desagradável

APÊNDICE III – Folha de prova usada na avaliação sensorial pelos provadores no estudo final.

Nome: _____ Idade: _____
 Data: __/__/____

Para as diferentes amostras de e classifique os parâmetros mencionados na escala

Código da amostra _____ (Amostra fresca)

Parâmetro	Classificação
Cor	Muito alterada _____ Típica
Brilho	Ausente _____ Extremo
Defeitos	Extremos _____ Ausentes
Aroma típico	Ausente _____ Intenso
Cheiro estranho	Ausente _____ Intenso
Sabor típico	Ausente _____ Intenso
Sabor estranho	Ausente _____ Intenso
Textura	Mole _____ Típica

Código da amostra _____

Parâmetro	Classificação
Cor	Muito alterada _____ Típica
Brilho	Ausente _____ Extremo
Defeitos	Extremos _____ Ausentes
Aroma típico	Ausente _____ Intenso
Cheiro estranho	Ausente _____ Intenso
Sabor típico	Ausente _____ Intenso
Sabor estranho	Ausente _____ Intenso
Textura	Mole _____ Típica

APÊNDICE IV – Evolução do teor de O₂, CO₂ e N₂ no interior das embalagens ao longo do tempo de armazenamento.

- Estudo preliminar

MAP		0% O ₂ 40%CO ₂				2,5% O ₂ 40%CO ₂				2,5% O ₂ 60%CO ₂			
		Dia 0	Dia 10	Dia 15	Dia 20	Dia 0	Dia 10	Dia 15	Dia 20	Dia 0	Dia 10	Dia 15	Dia 20
Couve repolho	O ₂	0,239	0,244	0,254	0,258	2,51	2,42	2,57	2,38	2,52	2,56	2,61	3,05
	CO ₂	39,7	32,7	31,8	29,9	39,6	31,9	31,6	30,0	59,1	52,0	51,4	48,8
	N ₂	60,1	67,1	67,9	69,8	57,9	65,7	65,8	67,6	38,4	45,4	46,0	48,2
Feijão verde	O ₂	0,228	0,232	0,255	0,261	2,49	2,52	2,56	2,62	2,40	2,76	2,91	2,99
	CO ₂	39,8	32,2	31,8	31,4	39,7	33,3	31,2	29,8	59,4	52,2	49,5	49,2
	N ₂	60,0	67,6	68,0	68,4	57,8	64,2	66,3	67,6	38,2	45,0	47,6	47,8

- Estudo final

MAP		0% O ₂ 40%CO ₂				
		Dia 0	Dia 5	Dia 10	Dia 15	Dia 15
Couve repolho	O ₂	0,228	0,247	0,253	0,278	0,292
	CO ₂	39,4	36,7	35,2	34,2	33,4
	N ₂	60,3	63,2	64,6	65,5	66,4
Feijão verde	O ₂	0,217	0,261	0,300	0,347	0,358
	CO ₂	39,6	36,0	35,1	34,2	33,4
	N ₂	60,2	63,7	64,6	65,5	66,3

APÊNDICE V – Resultados obtidos para os parâmetros da cor ($L^* a^* b^*$), das amostras de couve repolho e feijão verde no estudo preliminar.

Amostra	Atmosfera	Dia	L*	Cor a*	b*
Couve repolho	0% O ₂ 40% CO ₂	0	66,81 ± 3,02	-9,78 ± 1,05	26,00 ± 2,56
		10	66,04 ± 2,36	-5,58 ± 0,19	31,57 ± 2,90
		15	74,56 ± 1,99	-2,07 ± 0,38	13,01 ± 1,88
		20	51,42 ± 1,81	-3,69 ± 0,28	15,65 ± 1,38
	2,5% O ₂ 40% CO ₂	0	66,81 ± 3,02	-9,78 ± 1,05	26,00 ± 2,56
		10	64,26 ± 3,73	-4,36 ± 0,25	16,08 ± 2,23
		15	68,48 ± 2,87	-2,91 ± 0,37	16,48 ± 1,94
		20	59,87 ± 3,60	-3,32 ± 0,54	15,14 ± 3,13
	2,5% O ₂ 60% CO ₂	0	66,81 ± 3,02	-9,78 ± 1,05	26,00 ± 2,56
		10	64,03 ± 4,22	-3,38 ± 0,49	15,16 ± 2,60
		15	67,28 ± 3,78	-3,45 ± 0,45	16,88 ± 3,05
		20	60,69 ± 2,35	-1,52 ± 0,91	11,46 ± 3,90
Feijão verde	0% O ₂ 40% CO ₂	0	53,54 ± 3,80	-11,12 ± 0,56	31,42 ± 5,15
		10	56,51 ± 0,80	-4,40 ± 0,02	30,90 ± 1,10
		15	53,71 ± 2,07	-4,40 ± 0,02	31,34 ± 0,06
		20	52,78 ± 1,16	-2,57 ± 0,65	27,47 ± 4,95
	2,5% O ₂ 40% CO ₂	0	53,54 ± 3,80	-11,12 ± 0,56	31,42 ± 5,15
		10	60,70 ± 2,21	-4,80 ± 0,32	27,27 ± 2,27
		15	53,19 ± 1,63	-2,78 ± 0,15	17,14 ± 1,11
		20	55,10 ± 1,99	-3,01 ± 0,16	18,77 ± 1,42
	2,5% O ₂ 60% CO ₂	0	53,54 ± 3,80	-11,12 ± 0,56	31,42 ± 5,15
		10	57,62 ± 1,23	-2,70 ± 0,41	23,87 ± 2,11
		15	51,47 ± 2,41	-1,84 ± 0,46	15,92 ± 1,52
		20	50,88 ± 2,71	-1,90 ± 0,29	15,97 ± 1,41

APÊNDICE VI– Resultados obtidos para os parâmetros da cor ($L^* a^* b^*$), das amostras de couve repolho e feijão verde no estudo final.

Amostra	Atmosfera	Dia	Cor		
			L^*	a^*	b^*
Couve repolho	0% O ₂ 40% CO ₂	0	59,81 ± 5,74	- 9,89 ± 1,58	31,22 ± 6,58
		5	53,70 ± 2,38	- 4,84 ± 0,80	31,86 ± 5,11
		10	54,79 ± 4,44	- 4,11 ± 1,10	23,66 ± 5,82
		15	57,05 ± 6,35	- 2,46 ± 0,67	20,31 ± 4,78
		20	60,14 ± 6,75	- 3,44 ± 1,34	15,98 ± 7,08
Feijão verde	0% O ₂ 40% CO ₂	0	42,29 ± 1,17	- 8,99 ± 0,80	21,86 ± 2,37
		5	43,29 ± 1,45	- 4,80 ± 0,47	20,30 ± 2,35
		10	41,51 ± 2,95	- 2,31 ± 0,73	20,45 ± 3,94
		15	42,08 ± 1,24	- 1,85 ± 0,38	23,35 ± 1,23
		20	43,70 ± 1,67	- 1,81 ± 0,27	21,95 ± 1,39

APÊNDICE VII – Resultados obtidos na percentagem de RSA em função da concentração de amostra, das amostras de couve repolho e feijão verde no estudo preliminar.

Couve repolho - Atmosfera 0% O₂ e 40% CO₂

Dia 0		Dia 10		Dia 15		Dia 20	
mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,95	41,16	25,81	57,48	28,11	47,70	30,64	43,35
7,55	29,47	17,80	39,66	19,39	34,27	21,13	30,16
3,91	15,01	9,22	22,74	10,04	19,21	10,94	12,92

Couve repolho - Atmosfera 2,5% O₂ e 40% CO₂

Dia 0		Dia 10		Dia 15		Dia 20	
mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,95	41,16	18,85	34,44	27,82	40,30	30,78	37,82
7,55	29,47	13,00	23,49	19,18	29,43	21,23	24,97
3,91	15,01	6,73	10,94	9,93	15,46	10,99	12,04

Couve repolho - Atmosfera 2,5% O₂ e 60% CO₂

Dia 0		Dia 10		Dia 15		Dia 20	
mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,95	41,16	28,30	40,18	32,14	44,44	28,97	34,81
7,55	29,47	19,52	28,08	22,17	31,31	19,29	24,44
3,91	15,01	10,11	15,33	11,48	16,09	9,99	12,64

Feijão Verde - Atmosfera 0% O₂ e 40% CO₂

Dia 0		Dia 10		Dia 15		Dia 20	
mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,21	20,63	24,88	29,02	25,45	25,78	29,98	30,76
7,04	14,76	17,16	20,43	17,55	18,32	20,68	18,45
3,65	7,38	8,88	11,19	9,09	9,38	10,71	9,69

Feijão Verde - Atmosfera 2,5% O₂ e 40% CO₂

Dia 0		Dia 10		Dia 15		Dia 20	
mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,21	20,63	26,53	27,51	29,84	26,71	31,19	26,91
7,04	14,76	18,29	18,98	20,58	18,06	21,51	18,91
3,65	7,38	9,47	9,69	10,66	9,52	11,14	9,93

Feijão Verde - Atmosfera 2,5% O₂ e 60% CO₂

Dia 0		Dia 10		Dia 15		Dia 20	
mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,21	20,63	24,97	27,26	24,55	24,64	29,86	18,61
7,04	14,76	17,22	18,12	16,93	17,28	20,59	12,53
3,65	7,38	8,92	8,92	8,77	9,48	10,66	5,25

APÊNDICE VIII – Resultados obtidos na percentagem RSA em função da concentração de amostra, das amostras de couve repolho e feijão verde no estudo final.

Couve repolho - Atmosfera 0% O₂ e 40% CO₂

Dia 0		Dia 5		Dia 10		Dia 15		Dia 20	
mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
27,64	59,75	32,33	63,34	33,62	56,54	35,68	41,99	29,71	32,14
16,58	36,87	24,25	43,46	25,22	40,52	26,76	30,56	22,28	25,27
8,29	18,30	16,17	26,96	16,81	26,25	17,84	18,08	14,85	18,03

Feijão verde - Atmosfera 0% O₂ e 40% CO₂

Dia 0		Dia 5		Dia 10		Dia 15		Dia 20	
mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA	mg _(amostra) /mL	%RSA
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
26,82	57,08	28,99	58,93	29,18	42,76	26,12	32,79	29,46	28,54
16,09	39,16	21,74	43,85	21,88	30,83	19,59	25,05	22,10	21,13
8,05	18,30	14,49	28,54	14,59	19,77	13,06	14,92	14,73	12,42

APÊNDICE IX – Resultados obtidos na avaliação sensorial pelo painel de provadores e no teste de aceitabilidade dos consumidores da couve repolho e do feijão verde no estudo preliminar (valores médios \pm desvio padrão).

Avaliação Sensorial pelo Painel de Provadores

- Couve repolho

Amostra	Aspecto geral	Cor	Cheiro típico	Sabor típico	Textura na Mastigação
0% O ₂ /40% CO ₂	3 \pm 2,1	3 \pm 2,4	5 \pm 1,8	5 \pm 1,6	5 \pm 1,2
2,5% O ₂ /40% CO ₂	3 \pm 2,1	3 \pm 1,9	6 \pm 1,7	6 \pm 2,2	6 \pm 1,4
2,5% O ₂ /60% CO ₂	3 \pm 1,5	3 \pm 1,6	6 \pm 1,5	6 \pm 2,0	5 \pm 1,8

- Feijão verde

Amostra	Aspecto geral	Cor	Cheiro típico	Sabor típico	Textura na Mastigação
0% O ₂ /40% CO ₂	2 \pm 1,6	3 \pm 1,8	5 \pm 1,3	6 \pm 1,6	5 \pm 1,2
2,5% O ₂ /40% CO ₂	3 \pm 1,3	3 \pm 1,3	5 \pm 1,7	5 \pm 1,5	4 \pm 1,1
2,5% O ₂ /60% CO ₂	3 \pm 2,1	3 \pm 2,1	6 \pm 1,6	6 \pm 1,6	5 \pm 1,1

Teste de Aceitabilidade pelos Consumidores

Amostra	MAP	Resposta do consumidor
Couve repolho	0% O ₂ /40% CO ₂	6 \pm 1,5
	2,5% O ₂ /40% CO ₂	6 \pm 1,7
	2,5% O ₂ /60% CO ₂	6 \pm 1,7
Feijão verde	0% O ₂ /40% CO ₂	7 \pm 1,3
	2,5% O ₂ /40% CO ₂	6 \pm 1,5
	2,5% O ₂ /60% CO ₂	7 \pm 1,5

APÊNDICE X – Parâmetros sensoriais da couve repolho e do feijão verde no estudo final (valores médios \pm desvio padrão).

- Couve repolho

Amostra	Cor típica	Brilho	Defeitos	Aroma típico	Cheiro estranho	Sabor típico	Sabor estranho	Textura
Dia 0	5 \pm 0,3	4 \pm 1,6	4 \pm 2,1	4 \pm 0,7	0,14 \pm 0,2	4 \pm 0,5	0,18 \pm 0,2	4 \pm 0,7
Dia 5	4 \pm 0,8	3 \pm 1,4	4 \pm 1,5	3 \pm 0,6	0,29 \pm 0,3	4 \pm 0,5	0,49 \pm 0,7	4 \pm 0,6
Dia 10	3 \pm 0,6	2 \pm 1,2	3 \pm 1,6	3 \pm 0,5	1 \pm 0,8	3 \pm 0,7	1 \pm 0,9	4 \pm 0,7
Dia 15	2 \pm 1,2	1 \pm 1,1	3 \pm 1,8	1 \pm 0,8	2 \pm 1,5	2 \pm 1,5	1 \pm 1,3	3 \pm 1,1

- Feijão verde

Amostra	Cor típica	Brilho	Defeitos	Aroma típico	Cheiro estranho	Sabor típico	Sabor estranho	Textura
Dia 0	5 \pm 0,3	3 \pm 1,9	5 \pm 0,2	5 \pm 0,6	0,13 \pm 0,2	5 \pm 0,6	0,11 \pm 0,2	5 \pm 0,4
Dia 5	4 \pm 0,7	3 \pm 1,7	4 \pm 1,6	4 \pm 0,8	0,25 \pm 0,2	4 \pm 0,8	0,16 \pm 0,2	4 \pm 0,6
Dia 10	2 \pm 0,8	2 \pm 1,0	3 \pm 1,6	3 \pm 1,1	1 \pm 1,3	3 \pm 1,2	1 \pm 1,2	4 \pm 1,4
Dia 15	1 \pm 0,7	2 \pm 1,3	3 \pm 1,5	2 \pm 1,2	2 \pm 1,4	2 \pm 1,6	2 \pm 1,8	3 \pm 1,6