

ATMOSFERA MODIFICADA NA EMBALAGEM DE FRUTA, VEGETAIS INTEIROS E MINIMAMENTE PROCESSADOS

Ricardo Sérgio Ribeiro Ramos Mendanha

Dissertação para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia
Alimentar

Mestrado em Engenharia Alimentar

Orientador: Professora Margarida Gomes Moldão Martins

Coorientador: Engenheiro João Santos Silva

Júri:

PRESIDENTE

Doutor Raul da Fonseca Fernandes Jorge, Professor Associado com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Vogais:

Doutora Margarida Gomes Moldão Martins, Professora Auxiliar com Agregação do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa;

Doutor Victor Manuel Delgado Alves, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Agronomia da Universidade de Lisboa.

Lisboa, 2014

Without continual growth and progress,
such words as improvement, achievement,
and success have no meaning.

Benjamin Franklin

AGRADECIMENTOS

Ao terminar mais uma etapa da minha vida académica gostaria de agradecer ao Instituto superior de Agronomia todo o esforço e empenho na organização do Mestrado noturno de Engenharia Alimentar.

Agradeço à Professora Margarida Moldão todo o conhecimento transmitido e a ajuda e motivação transmitidas e ao Eng.º. João Santos Silva as ideias que me ajudaram a iniciar este projeto.

Obrigado Zofia por a toda a motivação e força que me deste, neste esforço de conciliar o trabalho profissional, académico e parental.

RESUMO

Na presente dissertação estudou-se a hipótese de aplicação de Atmosfera Modificada em produtos hortofrutícolas, frescos ou minimamente processados, em operadores alimentares cuja aplicação deste método de embalagem traga benefícios operacionais permitindo uma maior racionalização de espaços e meios humanos, assim como o incremento do período de vida útil.

Procedeu-se ao levantamento dos produtos a elaborar (manga, melão, abacaxi, maçã, plantas aromáticas, saladas frescas e cogumelos) no que respeita a comportamento em atmosfera modificada ao nível de O₂ e CO₂ e tempo de vida útil.

É sugerida uma nova tecnologia que permite uma modificação ativa da atmosfera, através da leitura "*In situ*" de taxas respiratórias e adequação de microperfuração da embalagem.

É assim, elaborado um anteprojecto em consórcio entre a Universidade, uma empresa de restauração na hotelaria, uma empresa operadora no *catering* e uma empresa fornecedora da tecnologia em hipótese.

O delineamento do anteprojecto será submetido em formulário ao programa de iniciativa Eureka.

Palavras-chave: Hortofrutícolas, Atmosfera modificada, filmes microperfurados, inovação tecnológica, equipamento de medição de taxas respiratórias e microperfuração "*In situ*", iniciativa Eureka.

ABSTRACT

In the present work we studied the possibility of application of Modified Atmosphere in fruit, fresh or minimally processed products in food operators whose application of this method of packaging brings operational benefits by allowing greater rationalization of facilities and human resources, as well as the increase of the shelf-life of product.

In order to verify this hypothesis, it was conducted a survey on the main products to be drawn up (mango, melon, pineapple, Apple, herbs, fresh salads and mushrooms) with regard to the behavior in modified atmosphere at the level of O₂ and CO₂ and shelf life. It is suggested a new technology that allows an active modification of the atmosphere, by reading "*In situ*" of respiratory rates and adaptation of a calculated number of microperforation in a package.

A preliminary draft of a consortium was created between the University, a hoteling company, a catering company, and a supplier of the technology. The outline of the draft will be submitted on form at the Eureka initiative program.

Keywords: horticultural products, modified atmosphere, technological innovation, measurement of respiratory rates, microperforation, Eureka.

EXTENDED ABSTRACT

The theme that is proposed in this study is to develop the concept of modified atmosphere packaging, as well as the introduction of a technology innovation that allows the optimization of variables that are normally difficult to control in the process (measuring respiration rate , packaging optimization) and corporate interests, since it can subsequently relate to urban metabolism policies such space and labor management, but also other related management policies and process efficiency such as the prediction of the life and the preservation of sensory aspects that change in the of either phase of post-harvest manipulation or food handling by operators or even during the life span of the packaged products .

This study demonstrates that both the application of the modified atmosphere packaging and the application of technological innovation will significantly improve the operational management and still increase the shelf life of fresh and processed product, with the aim of making more efficient productivity, better management of internal resources and evident results in overall efficiency and profitability and minimizing the production of food waste.

Throughout this document will be included case studies of various authors which compare various conservation techniques for Passive / Active atmosphere packaging and other systems that combine technology from packaging materials, and film microperforation.

It is intended to make observations of the groups of whole fresh and minimally processed fruits and vegetable and evaluate interactions between packaging and food, particularly in terms of cellular respiration , changes in the atmosphere in the headspace of the package and relate to product shelf improvements and maintenance of sensory and qualitative characteristics.

The values of the variables used are parameterized and based on previously conducted studies for various food products belonging to the group described above in order to verify the efficiency of these systems and their adaptation to different sectors of the food operators in order to achieve gains associated with efficiency and better management and productivity of production units.

INDICE

RESUMO	3
ABSTRACT	4
EXTENDED ABSTRACT	5
ÍNDICE	6
INDICE DE TABELAS	8
INDICE DE FIGURAS	9
LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SIGLAS	10
INTRODUÇÃO	11
I. A atividade fisiológica pós colheita	12
II. Tecnologias pós colheita	14
III. Fatores biológicos envolvidos na senescência	15
IV. A atividade respiratória	18
V. Libertação de água	19
VI. Etileno	20
VII. O controlo da taxa respiratória nos vegetais	21
VIII. Embalagem	23
a. Considerações gerais	23
b. Filmes Flexíveis	25
IX. Embalagem em atmosfera modificada	25
X. Materiais de embalagem em MAP	29
XI. Aplicação de MAP no processo de embalagem	30
XII. Inovação tecnológica em MAP	32
a. Medição de taxas de respiração e microperfuração a laser “ <i>In Situ</i> ”	32
XIII. Iniciativa Eureka	34
ENQUADRAMENTO TEÓRICO	36
I. Caracterização do mercado dos produtos frescos e minimamente processados	36
II. Benefícios do processo de embalagem em atmosfera modificada	36

III. Metodologias consideradas para casos de estudo	37
Casos de estudo	38
• Manga inteira em CA	39
• Manga inteira em MAP com microperfuração	40
• Manga em cubos com MAP	41
• Maçã Fuji e Golden em CA	42
• Melão Inteiro em CA	43
• Melão cortado CA	44
• Melão cortado Fresco MAP	45
• Abacaxi cortado fresco MAP HO	48
• Abacaxi cortado fresco MAP LO	49
• Abacaxi cortado fresco MAP LO e HO e Alginato	50
• Saladas Frescas MAP – Desenvolvimento de <i>Listeria spp</i>	52
• Plantas aromáticas	53
• Cogumelos – MAP e Macroperfuração	54
DISCUSSÃO DE RESULTADOS	56
CONCLUSÃO	60
BIBLIOGRAFIA	61
ANEXOS	65

INDICE DE TABELAS

Tabela 1 Exemplos de frutos climatéricos e não climatéricos	16
Tabela 2 Classificação de hortofrutícolas em função da taxa de respiração	19
Tabela 3 Misturas de gases recomendadas para MAP	27
Tabela 4 Caso de Estudo Manga Inteira CA	38
Tabela 5 Caso de Estudo Manga Inteira MAP	
Tabela 6 Caso de Estudo Manga Cortada MAP	41
Tabela 7 Caso de Estudo Maçã Fuji CA	42
Tabela 8 Caso de Estudo Maçã Golden CA	42
Tabela 9 - Caso de Estudo Melão inteiro CA	43
Tabela 10- Caso de Estudo Melão Cortado MAP	44
Tabela 11- Caso de Estudo Melão Cortado MAP Passivo / Ativo e Microperfuração	45
Tabela 12 Caso de estudo Abacaxi 1 MAP	48
Tabela 13 Caso de estudo Abacaxi 2 MAP	49
Tabela 14 Caso de estudo Abacaxi 3 – MAP HO / LO, MAP Passivo e revestimento com alginato	50
Tabela 15 Estudo de Caso - Plantas aromáticas CA	53
Tabela 16 Estudo de Caso - Manjeriço e Shiso CA	53

INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estágios de desenvolvimento de frutas e vegetais	13
Figura 2	Padrão de comportamento não climatérico	15
Figura 3	Padrão de comportamento climatérico	15
Figura 4	Atributos de qualidade Melão	46
Figura 5	Abacaxi - Exsudados Vs. Dias após corte	49
Figura 6	Abacaxi - Exsudados vs. Dias após corte MAP HO / LO, MAP Passivo e revestimento	51

LISTA DE ABREVIATURAS, ACRÓNIMOS E SIGLAS

MAP – Embalagem em atmosfera modificada

CA – Armazenamento em atmosfera controlada

EMAP – Atmosfera modificada de equilíbrio

MAP Passiva – Os produtos por si mesmo modificam a atmosfera do espaço dentro de uma embalagem de permeabilidade seletiva

MAP Ativa - Existem modificações gasosas no interior da embalagem que alteram ativamente a atmosfera interior (headspace) da mesma.

HEADSPACE – Espaço ocupado pela atmosfera interior da embalagem

O₂TR - Taxa de transmissão de oxigénio

CO₂TR - Taxa de transmissão de dióxido de carbono

HO₂ – Atmosfera de alto nível de oxigénio

LO₂ – Atmosfera de baixo nível de oxigénio

TSS – Teor de sólidos solúveis

Hue Angle – Determinação de tonalidade com base em luz e cor

INTRODUÇÃO

Todos os segmentos do sector alimentar, seja a indústria ou a restauração, têm algo em comum: gastam recursos, produzem resíduos e muitas vezes não são eficientes. Seja devido a situações operacionais relacionadas com tecnologias pós-colheita, o manuseamento dos operadores, ou mesmo devido a factores derivados do metabolismo urbano, seja devido à alta perecibilidade das matérias-primas utilizadas, seja na gestão de recursos e métodos de trabalho.

É de conhecimento geral que a indústria alimentar tem tentado fazer frente a este constrangimento com o acesso a mais técnicas de gestão de recursos, formação e mais tecnologia como é o exemplo dos esforços dos sistemas de gestão que se baseiam na melhoria contínua. Através da experiência chega-se à conclusão que as melhorias contínuas, normalmente, não são capazes de criar vantagens competitivas de médio e longo prazo, mas sim de manter a competitividade dos produtos em termos de custo.

Desta forma teremos de ir mais longe e considerar novas hipóteses e novas alternativas que aliem a tecnologia a novas perspetivas de produção e gestão operacional, pelo que é proposto neste trabalho explorar o conceito de inovação.

O conceito de "Inovação" resulta de explorar com sucesso novas ideias. E sucesso para as empresas, por exemplo, significa aumento de faturação, acesso a novos mercados, aumento das margens de lucro, entre outros benefícios sempre relacionados com eficiência. Dentro das várias possibilidades de inovar, aquelas que se referem a inovações de produto ou de processo são conhecidas como inovações tecnológicas.

A aplicação de inovações tecnológicas é um dos temas a explorar para conseguir ultrapassar esta lacuna e tornar processos e gestão de produção mais eficientes.

A aplicação de novas tecnologias que serão analisadas e avaliadas advêm da formação de um consórcio composto por vários intervenientes:

- Grandes empresas do sector da hotelaria "Maia e Pereira" e *catering* "Nordigal", que pretendem melhorar a performance ao nível da eficiência energética, gestão de massa humana na gestão de matérias-primas;
- Uma empresa "Perfotec" que opera e investiga nas áreas de inovação e desenvolvimento e que patenteou uma tecnologia que permite microperfuração e medição de taxas de respiração "in situ"

A introdução destes intervenientes nesta dissertação tem como objetivo averiguar se os objetivos dos primeiros intervenientes e a tecnologia do terceiro interveniente se

conjugam e averiguar se é possível apresentar resultados que se traduzam numa melhoria significativa do ponto de vista da gestão de recursos operacionais e desta forma aumentar a rentabilidade da área de negócio.

Desta forma, a hipótese de inovação tecnológica em estudo é a adaptação de um sistema de embalagem com base no conceito MAP (embalagem em atmosfera protetora) a vários alimentos do grupo hortofrutícola (fruta, vegetais inteiros e minimamente processados) e avaliar mais-valias traduzidas em período de vida útil.

Pretende-se nesta dissertação justificar através de uma compilação de dados, factos que suportem a aplicação desta inovação tecnológica nos sectores de *catering* e restauração e averiguar se é possível aumentar a cobertura da inovação tecnológica apresentada, já que só tem sido usado exclusivamente para a indústria de alimentos que têm como alvo o mercado de minimamente processados.

De forma a garantir interligação entre parceiros que dispõem a tecnologia e a parte operacional de integração da mesma neste projeto poderá num futuro próximo alargar os seus horizontes e associar-se à iniciativa EUREKA, que será mencionada e inclusive apresentada uma proposta para um projeto nesse sentido. O objetivo será numa futura oportunidade de promover a cooperação entre tecnologia e sector alimentar.

I. ACTIVIDADE FISIOLÓGICA NO PÓS-COLHEITA

Na Figura 1, apresenta-se de forma esquemática os estágios de desenvolvimento de frutos e vegetais.



Figura 1 - Estágios de desenvolvimento de frutas e vegetais

Partindo do pressuposto que a qualidade do produto é máxima quando este ainda se encontra no campo e que o mesmo é colhido na fase de desenvolvimento que apresenta elevados índices de qualidade, deverão ser introduzidas tecnologias pós-colheita, por forma a minimizar o mais possível perdas de qualidade.

II. TECNOLOGIAS PÓS COLHEITA

Perdas em quantidade e qualidade afetam culturas hortícolas entre a colheita e o consumo. A magnitude de perdas pós colheita em fruta fresca e vegetais está estimada entre 5 a 25% em países desenvolvidos. De forma a reduzir estas perdas usam-se tecnologias pós-colheita que atrasam a senescência e mantêm a melhor qualidade possível (Kader, Adel A. 1989). Entendem-se por tecnologias pós colheita, as técnicas aplicadas durante o intervalo de período que medeia entre o momento em que determinado produto é colhido e o momento em que é consumido/adquirido pelo utilizador. O intervalo de tempo referido é de extensão extremamente variável em função da natureza do produto, e geralmente não muito longo no caso dos hortofrutícolas.

O objetivo das Tecnologias Pós- colheita é:

- Manter a qualidade (aparência, textura, sabor, valor nutricional e sanitário,);
- Reduzir as perdas quantitativas entre a colheita e o consumo.

Frutas frescas e vegetais são tecidos vivos, que são sujeitos a mudanças contínuas após colheita. Enquanto algumas das mudanças são desejáveis, a maioria – do ponto de vista do consumidor - não o são. As alterações pós colheita não podem ser paradas, mas podem ser eventualmente retardadas dentro de alguns limites. A senescência é a etapa final no desenvolvimento dos órgãos de vegetais, onde durante uma série de processos irreversíveis, conduzem ao colapso e morte celular. Produtos hortícolas são diversificados na sua estrutura morfológica (raízes, caules, folhas, flores, frutos e etc.), composição e na sua fisiologia. Assim, os requisitos e recomendações de cada tipo de produto para um máximo de longevidade pós colheita variam dentro de um único produto. São ainda possuidores de elevado conteúdo em água e sujeitos a dessecação (murchidão, engelamento) e a agressões mecânicas. São também suscetíveis a ataques por bactérias e fungos, resultando por norma em degradação.

De entre as tecnologias pós-colheita aplicadas aos hortofrutícolas é de salientar o frio, o controlo da humidade relativa, algumas tecnologias de descontaminação, e as atmosferas modificadas e controladas.

III. FACTORES BIOLÓGICOS ENVOLVIDOS NA SENESCÊNCIA E DEGRADAÇÃO DE FRUTOS E VEGETAIS NO POS-COLHEITA

- **TAXA DE RESPIRAÇÃO**, a taxa de perecibilidade dos hortofrutícolas é proporcional à taxa de respiração. Com base na respiração e padrões de produção de etileno, durante maturação e amadurecimento, os frutos são considerados **climatéricos** ou **não climatéricos**. Os frutos climatéricos apresentam elevadas taxas de produção de CO_2 e C_2H_4 coincidentes com o amadurecimento, enquanto os não climatéricos não demonstram alterações na produção de CO_2 e C_2H_4 durante pós-colheita (figura 3 e 4);

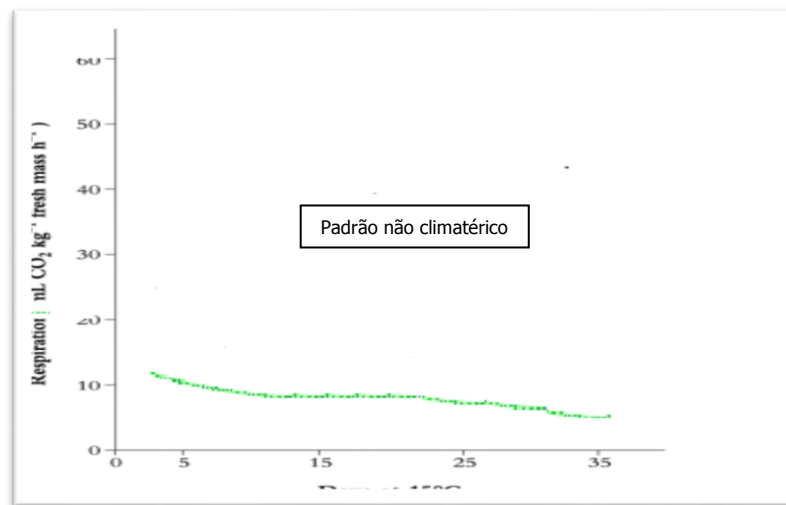


Figura 2 - Padrão de comportamento não climatérico

Fonte: <http://plantsinaction.science.uq.edu.au/edition1/?q=content/11-5-2-climacteric-behaviour>

Padrão climatérico

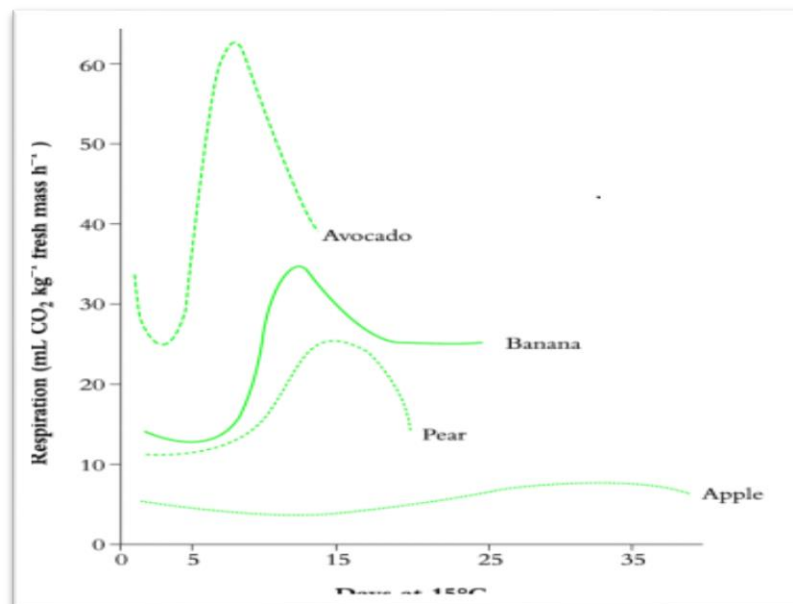


Figura 3 - Padrão de comportamento climatérico

Fonte: <http://plantsinaction.science.uq.edu.au/edition1/?q=content/11-5-2-climacteric-behaviour>

Na tabela 5 apresentam-se alguns exemplos climatéricos e não climatéricos. O conhecimento do perfil respiratório no pós-colheita é de extrema importância quando se pretende desenvolver embalagem de atmosfera modificada.

Tabela 1 – Exemplos de frutos climatéricos e não climatéricos

Tipos de frutos climatéricos:	Tipos de frutos não climatéricos:
• Alperce	• Cacau
• Abacate	• Azeitona
• Banana	• Pepino
• Maçã	• Cerejas
• Pêssegos	• Limões
• Ameixas	• Limas
• Figos	• Laranjas
• Maracujás	• Uvas
• Maçãs	• Abacaxi
• Kiwi	• Morangos.
• Mangas	• Melão
• Peras	• Tangerinas

- **Taxa de produção de etileno** cuja taxa de produção geralmente aumenta com a maturidade e com agressões físicas, doenças, aumento de temperatura, reduções de níveis de O₂ (abaixo de 8%), elevado nível de CO₂ (mais de 2%).
- **Alterações na composição**, tais como alterações no teor do pigmento com consequente alteração de cor no produto. Alterações nos glúcidos (hidrólise do amido para açúcar e consumo de açúcares simples através de respiração, hidrólise da pectina e outros polissacáridos), resultando num amolecimento de frutos. Pode verificar-se por fim num aumento da lenhina responsável pelo endurecimento de espargos e raízes, entre outros. Alterações no teor de ácidos orgânicos, proteínas, aminoácidos e lípidos podem influenciar sabor e qualidade em geral. Perdas no conteúdo vitamínico, especialmente no ácido ascórbico em detrimento da qualidade nutricional. Produção de aromas voláteis associados ao amadurecimento dos frutos.
- **Abrolhamento e desenvolvimento**, em casos como a batata, cebola e alho, verifica-se o abrolhamento que reduz imenso o seu valor alimentar e acelera a sua deterioração. O crescimento de raízes em cenouras e outras raízes é pelas mesmas razões, indesejável.

Espargos continuam a crescer após colheita, originando curvatura e alongamento se mantidos na horizontal. Finalmente germinação de sementes dentro de frutos, tais como tomate, pimentos e limões, são alterações indesejáveis.

- **Transpiração**, uma vez que as perdas de água constitui uma das causas principais de deterioração, porque resulta não só em perdas quantitativas diretas (massa) mas também em aspecto (engelhado e murchidão), textura (flacidez e amolecimento, debilidade, etc.). A taxa de transpiração é afetada por fatores internos (características morfológicas e anatómicas, razão superfície-volume, lesões à superfície e nível de maturação e por fatores externos (temperatura, humidade relativa, movimentação do ar e pressão). A transpiração é um processo físico que poderá ser controlado através da aplicação de tratamentos, tais como aplicação de ceras e outros revestimentos consumíveis ou por controlar o ambiente (RH e circulação de ar);
- **Colapso fisiológico** resultante de exposição a condições de temperatura extrema, atmosferas baixas em O_2 (<1%) ou alto CO_2 (>20%), interações entre O_2 , CO_2 e C_2H_4 e finalmente de situações de pré-colheita inadequadas (deficiências em cálcio relacionadas com firmeza e capacidade retenção de água);
- **Colapso patológico** devido a atividade de bactérias e fungos muitas vezes causada por situações de *stress* (agressão mecânica, refrigeração, queimaduras solares) que diminuem resistência a patogénicos;
- **Danos físicos** de vários tipos (lesões superficiais, lesões de impacto ou vibração, etc.) são responsáveis por deterioração, pelo *acastanhamento* de tecidos danificados, que expõem compostos fenólicos à enzima polifenoloxidase. Este tipo de lesão promove a perda de água, facilita instalação de infeção por fungos e estimula a produção de CO_2 e C_2H_4 .

IV. A ACTIVIDADE RESPIRATÓRIA

Todas as frutas e vegetais como organismos vivos. Consomem oxigénio e produzem dióxido de carbono durante a respiração, processo pelo qual os glúcidos e outros substratos, tais como ácidos orgânicos e gorduras são metabolizados. Os substratos não podem ser reabastecidos uma vez que a fruta ou vegetal tenha sido removido da planta, e, por conseguinte, as taxas de respiração mais elevadas irão resultar em perda do valor alimentar nutricional, a perda de massa, sabor não característico ou empobrecido, resultando numa redução na qualidade do produto. (NYS IPM Publication No. 10, 2012).

A respiração também envolve a produção de água e a libertação de calor (energia). Este calor, se não for removido por refrigeração ou ventilação, resultará em temperaturas mais elevadas em todo o produto. Uma vez que o dióxido de carbono é também um produto da respiração, pode acumular-se na atmosfera envolvente do produto, se a ventilação for inadequada e, de forma inversa, o oxigénio pode ser esgotado, o que resultará em processos de fermentação. Se o produto for mantido dentro de um saco de plástico fechado, por exemplo, a morte celular pode ocorrer como resultado da concentração inadequada de oxigénio e dióxido de carbono. Taxas reduzidas de oxigénio e elevado dióxido de carbono no ambiente de armazenamento podem no entanto, ser utilizadas propositadamente para aumentar a vida útil de armazenamento de certos frutos e produtos hortícolas (NYS IPM Publication No. 10). A tabela 6 apresenta a classificação dos hortofrutícolas em função da taxa respiratória, bem como alguns exemplos.

Tabela 2 - Classificação de hortofrutícolas em função da taxa de respiração.

Classificação de hortofrutícolas em função da taxa de respiração.		
Classe	Taxa de respiração (mg CO ₂ /Kg.h) 5°C	Produto
Muito baixo	<5	Frutos e vegetais secos, noz
Baixo	5-10	Maçã, aipo, beterraba, alho, uva, cebola, papaia, batata (conservação), batata-doce, melão
Moderado	10-20	Alperce, banana, mirtilo, couve, cenoura (sem grelo), cereja, pepino, figo, alface (cabeça), nectarina, azeitona, pêsego, pera, pimento, ameixa, tomate, batata (nova)
Alto	20-40	Amora, Manga, cenoura (com grelo), couve-flor, Alface (folha), morango, framboesa, fava, rabano (com grelo)
Muito elevada	40-60	Brócolos, couve- de- Bruxelas, endívias, cebola primor, alcachofra, agrião.
Extremamente elevada	>60	Espargo, cogumelo, salsa, espinafre, milho doce.

V. LIBERTAÇÃO DE ÁGUA

A perda de água é uma das principais causas de deterioração de frutas e hortaliças após a colheita; e tende a ser mais pronunciada nos produtos que possuem uma relação superfície/volume maior.

A maioria das frutas e hortaliças é composta por 80 a 95% de água. A humidade relativa dos espaços intercelulares é muito próxima de 100%, e frequentemente o ambiente possui humidade relativa inferior a este valor, fazendo com que o vapor de água se difunda dos produtos para o ambiente, através do processo de transpiração. A perda de água é responsável pela perda de turgidez e pelo enrugamento dos tecidos vegetais, o que pode causar a rejeição do produto pelos consumidores.

VI. LIBERTAÇÃO DE ETILENO

O Etileno (C_2H_4) regula muitos aspectos do crescimento e desenvolvimento das plantas. O crescimento é quantitativo e origina um aumento no tamanho e / ou o número de células. O desenvolvimento é qualitativo, e indica que as células se diferenciaram de alguma forma, seja no sub-celular, celular e / ou ao nível do tecido. Alterações no crescimento e desenvolvimento são muitas vezes convergentes e ambas estão sob regulação hormonal (Abeles, F.B. *et al.* 1992)

O Etileno afeta tanto o crescimento como o desenvolvimento das plantas. Em termos de crescimento, o etileno está normalmente associado com a regulação do tamanho das células, muitas vezes limitando o alongamento das mesmas, mas também pode regular a divisão celular. Em termos de desenvolvimento, o etileno é geralmente considerada uma hormona de "envelhecimento", uma vez que acelera e, por vezes, é necessário para processos tais como a maturação, senescência e abscisão. A este respeito, as mutações que afetam a produção de etileno ou a percepção podem ser consideradas mutações responsáveis pela alteração da temporização de um processo de desenvolvimento. No entanto, o etileno não afeta apenas os estágios finais de desenvolvimento da planta, mas também tem funções reguladoras no desenvolvimento de todo o ciclo de vida da planta. Etileno estimula a iniciação radicular de muitas espécies de plantas, controla a formação de nódulos radiculares em leguminosas, inibe a formação de tais órgãos de armazenamento, como tubérculos e bolbos, promove a floração em algumas espécies (mas inibe-o em outros), e induz a produção de fêmeas, em vez de flores masculinas em cucurbitáceas.

VII. O CONTROLO DA TAXA RESPIRATÓRIA NOS VEGETAIS

Um facto importante a ter em conta quando se lida com vegetais é que estes respiram enquanto existirem nutrientes e O₂ disponíveis. A respiração e transpiração continuam após colheita, desde que o produto é retirado da sua fonte de água, fotossíntese e minerais, e é totalmente dependente das suas reservas de energia e humidade. A perda de água é perda de massa vendável e desta forma, uma perda direta para o produtor ou para quem vai processar o produto, para além de ser uma perda de qualidade. Uma perda em peso de apenas 5% irá implicar que muitos vegetais pareçam murchos ou desidratados o que em condições quentes e secas e sem a embalagem adequada, poderá acontecer em poucas horas. A humidade relativa dentro de uma embalagem de vegetais frescos é influenciada pelo ritmo a que um produto perde água e pela taxa de permeabilidade de vapor do filme de embalagem. Filmes e materiais utilizados em embalagem podem alcançar incrementos significativos no período de vida útil de um produto, reduzindo as perdas das reservas armazenadas dos vegetais através da redução da taxa de respiração. Isto pode ser alcançado “desenhando” uma embalagem onde se atinjam rapidamente concentrações ótimas de O₂ e CO₂. (Aharoni, N. *et al*/2007).

VIII. A RESPIRAÇÃO CELULAR NOS MINIMAMENTE PROCESSADOS

Frutas e vegetais minimamente processados mantêm os tecidos vivos e não exibem a mesma resposta fisiológica que um tecido intacto (Wiley, 1994). Os danos físicos causados aos tecidos pelas operações de processamento resultam num aumento do metabolismo dos vegetais, com conseqüente aumento na atividade respiratória e na produção de etileno (Rosen & Kader, 1989). Tendo-se que, quanto mais intenso o metabolismo do produto, maior será sua perecibilidade, sendo o controlo desse processo crucial para obtenção de produtos com qualidade. Uma das primeiras respostas dos frutos ao *stress* do processamento é o aumento na produção de etileno, acompanhado de aumento na atividade respiratória e modificações, geralmente indesejáveis, na aparência, sabor, aroma e textura (Wiley, 1994). As mudanças bioquímicas em frutas e hortaliças minimamente processadas são, ainda, conseqüência do efeito de atividade enzimática, sendo esta muito dependente da temperatura. A temperatura superior a 10°C, a produção de CO₂ aumenta abruptamente devido à intensificação do metabolismo e proliferação microbiana. Baixas temperaturas durante o processamento e armazenamento retardam o metabolismo do vegetal, com diminuição de sua atividade respiratória e enzimática (Wiley, 1994).

Quando frutas e vegetais são submetidas a processos que levam a uma desorganização na sua estrutura natural, tais como: descasque, corte, trituração e

lesões diversas, o produto sofre alterações, sendo muitas destas catalisadas por ação enzimática, pois, com o rompimento das células do vegetal as enzimas entram em contato com diversos substratos que, na presença de oxigênio, desenvolvem no produto uma coloração escura. Essa reação, em geral, ocorre rápida e intensamente e consiste na oxidação de compostos fenólicos a ortoquinonas pela ação de uma ou múltiplas enzimas (Mathew & Parpia, 1971).

A maioria dessas reações enzimáticas que causam o escurecimento em frutas e hortaliças é catalisada pela enzima polifenoloxidase (Reed & Underkofler, 1966). A polifenoloxidase, também conhecida como catecol-oxidase, catecolase, oxidase difenol, o-difenolase, fenolase e tironase, é encontrada na maioria das frutas e vegetais, sendo que a sua localização na célula vegetal depende da espécie, idade e grau de maturidade. Nas folhas verdes a enzima encontra-se principalmente nos cloroplastos (Eskin, 1991).

IX. A EMBALAGEM

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Os últimos 200 anos têm visto o conceito “Embalagem” a evoluir daquilo que era apenas um “recipiente para o produto” para se tornar um “elemento importante do projeto global do produto” – p. ex.: o desenvolvimento da embalagem para ketchup de tomate de garrafas de vidro para garrafas de plástico de multicamadas co-extrudidas, “deformáveis” e com válvula de barreira ao refluxo de oxigénio, para uma longa durabilidade.

Também no passado, necessidades militares ajudaram a acelerar ou precipitar algumas condições fulcrais para o desenvolvimento do conceito de embalagem. Estas incluem o invento de conservas alimentares na França napoleónica e o aumento do uso de recipientes de derivados de papel no comércio de vários produtos, incluindo queijos moles e leite. Isto devido à escassez de folha-de-flandres para latas de aço durante a Primeira Guerra Mundial. O crescimento da quantidade nas encomendas de alimentos pré-embalados e embalagens adequadas para alimentos desde a Segunda Guerra Mundial diversificou drasticamente a gama de materiais e embalagens usadas. Esta diversificação tem sido possível graças ao desenvolvimento da ciência e tecnologia de alimentos, materiais e tecnologia das máquinas de embalamento.

Desde o advento dos alimentos em lata no século 19, a proteção, higiene, qualidade do produto e a conveniência têm sido os principais motores de tecnologia de alimentos e inovação de embalagens. Nos últimos anos, tem havido uma crescente procura por embalagem que oferecem facilidade de utilização e alimentos de alta qualidade para os consumidores com estilo de vida agitado (Richard Coles, 2003).

Existe atualmente uma necessidade do mercado de garantir ao consumidor alimentos nutritivos, baratos e acessíveis. Esta necessidade provocou na fileira da distribuição (Desde a produção, passando pela indústria de alimentos e com constante pressão do retalho) um estado de constante evolução, busca e inovação.

A tecnologia da embalagem pode ser de importância estratégica para a empresa, pois pode ser a chave para a vantagem competitiva na indústria de alimentos. Isto pode ser conseguido por atender às necessidades e desejos do consumidor final, abrindo novos canais de distribuição, proporcionando uma melhor qualidade de apresentação, permitindo a redução de custos, aumentando as margens, aumentando a diferenciação do produto / marca, e melhorando o serviço de logística para os clientes.

A embalagem é um dos processos mais importantes para manter a qualidade de produto para armazenamento. É uma ferramenta de prevenção à deterioração da qualidade, e de apoio à distribuição e marketing (Jung H. Han, 2005)

Esta pode ser definida em termos do seu papel protetor como sendo "o meio de se obter a distribuição segura de produtos em condições adequadas para o consumidor final, com o menor custo.

Uma boa embalagem para além de exercer a função de preservar a qualidade do alimento deve informar o consumidor, ser conveniente, permitir enchimento automático e ainda contribuir para o lucro da área de negócio.

Durante distribuição, a qualidade de produto poder-se-á deteriorar biologicamente e quimicamente, assim como fisicamente. Assim a embalagem contribui para aumentar o período de vida útil e manter tanto a qualidade como a segurança dos produtos alimentares. (Jung, 2005).

A embalagem proporciona uma barreira entre o alimento e o ambiente. Ela controla a transmissão de luz, a taxa de transferência de calor, de humidade e de gases, e o movimento de microrganismos e insetos. Além disso, a embalagem não deve influenciar os produtos – p.ex., pela migração de compostos tóxicos, pelas reações entre o material de embalagem e o alimento ou pela seleção de microrganismos prejudiciais ao alimento embalado, como, seleção de anaeróbios patogénicos em produtos com atmosfera modificada.

Outros requisitos da embalagem remetem para a operação sem problemas – eficiente e económica na linha de produção – resistência a danos – como rompimentos, rasgões ou deformação causados pelos equipamentos de enchimento ou fecho, carregamento ou descarregamento ou transporte – e, não menos importante, ao custo total mínimo.

FILMES FLEXÍVEIS

De entre os inúmeros materiais de embalagem alimentar, destacam-se os filmes poliméricos flexíveis. Embalagens flexíveis utilizam material que não é rígido, sendo o termo "filme Flexível" geralmente reservado aos polímeros plásticos que possuem menos de 0,25 mm de espessura.

Os materiais termoplásticos são capazes de sofrer amolecimento repetido no aquecimento e novo endurecimento no arrefecimento. Esta característica é muito importante quando se trata de embalagens que se pretendem fechar termoplasticamente.

Em geral os filmes flexíveis possuem as seguintes propriedades:

- Custo relativamente baixo;
- Podem ser produzidos com propriedades de barreira contra humidade e gases variáveis;
- São termo-soldáveis
- São adequados para envase a alta velocidade;
- Possuem grande amplitude operacional relativamente a ambientes de baixa ou elevada humidade;
- Apresentam boa resistência a impactos;
- São fáceis de manusear e imprimir e são convenientes para o fabricante, retalhista e consumidor;
- Adicionam pouco peso ao produto e moldam-se de forma adequada ao formato do alimento e, por isso, utilizam pouco espaço na armazenagem do alimento.

X. EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA

A tecnologia de embalagem em atmosfera modificada (MAP) é largamente utilizada para frutas e vegetais frescos minimamente processadas. Extensas pesquisas têm sido feitas nesta área de investigação desde há décadas (Krishi Kendra, 2010).

Atualmente as vendas de vegetais prontos a usar ou prontos a comer embalados em atmosfera modificada têm vindo a aumentar rapidamente em décadas recentes em resultado de mudanças nas atitudes do consumidor. (Rico *et al*, 2007).

A composição gasosa normal do ar é composta azoto (N₂), 78,08%, oxigénio (O₂) 20,96% e carbono dióxido de carbono (CO₂), a 0,03%, juntamente com concentrações variáveis de vapor de água e traços de gases inertes ou nobres. Muitos alimentos estragam-se rapidamente no contacto com o ar devido à humidade, perda de absorção ou, reação com o oxigénio e o crescimento de microrganismos aeróbios, isto é, bactérias e fungos. Resultados de crescimento microbiano em mudanças na

textura, cor, sabor e valor nutricional dos alimentos. Estas mudanças podem tornar um alimento desagradável e potencialmente perigosos para o consumo humano. O armazenamento de alimentos numa atmosfera gasosa modificado pode manter a qualidade do produto e aumentar o período de vida útil, diminuindo as reações químicas e bioquímicas deteriorantes e retardando (ou, em alguns casos impedindo) o crescimento de organismos alterantes ou deteriorantes.

A embalagem em atmosfera modificada se corretamente utilizada contribui para o aumento da vida útil dos produtos.

A embalagem em atmosfera modificada (MAP) é definida como "a embalagem de um produto perecível, numa atmosfera modificada de modo que a sua composição é diferente do que a do ar (Hintlian & Hotchkiss, 1986). Numa outra perspectiva "A embalagem em atmosfera modificada (MAP), é usada para aumentar o período de vida útil dos vegetais, e envolve a alteração da atmosfera envolvente do produto reduzindo o seu ritmo respiratório, retardando assim, as alterações de composição associadas com a maturação e senescência, reduzindo o crescimento microbiano e retendo todos os atributos que os consumidores consideram que sejam sinais de frescura (Murcia *et al.*,2003).

Considerando que um sistema de armazenamento em atmosfera controlada (CA) envolve a manutenção de uma concentração fixa dos gases em torno do produto, exigindo um controlo cuidadoso de produto e da adição de gases, a MAP de vegetais frescos e minimamente processados está em constante mudança devido a reações químicas e atividade microbiana. A troca gasosa entre a atmosfera da embalagem e o ambiente externo também pode ocorrer como resultado de permeabilidade em todo o material de embalagem.

No que respeita aos hortofrutícolas a modificação da atmosfera pode ser de dois tipos:

- Passiva, quando os produtos por si mesmo modificam a atmosfera do espaço dentro de uma embalagem de permeabilidade seletiva;
- Ativa, quando existem modificações gasosas no interior da embalagem que alteram ativamente a atmosfera interior (*headspace*) da mesma.

O embalamento de alimentos em atmosfera modificada pode oferecer vida útil prolongada e melhorar a apresentação do produto num recipiente conveniente, tornando o produto mais atraente para o cliente. No entanto, a MAP não pode melhorar a qualidade de um produto alimentar de má qualidade. Portanto, é essencial que o produto seja da mais elevada qualidade antes de embalar, a fim de otimizar os benefícios do embalamento em atmosfera modificada. Boas práticas de higiene e controlo da cadeia de frio para produtos perecíveis são determinantes para manter os benefícios da atmosfera modificada.

Oxigênio, CO₂ e N₂, são mais frequentemente utilizados na MAP, apesar de outros gases, tais como óxido nitroso e nítrico, dióxido de enxofre, etileno, cloro, bem como ozono e de óxido de propileno tenham sido também investigados, não têm sido aplicados comercialmente devido a segurança, regulação, e considerações de custo.

A atmosfera mais comumente utilizada consiste em percentagens de O₂ reduzidas e níveis elevados de CO₂. Como se verifica na tabela que se segue a composição varia entre 3 e 5% para o O₂ e 3 a 10% para o CO₂.

Recommended gas mixtures for MAP.			
Product	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	N ₂ (%)
Fruits			
Apple	1-2	1-3	95-98
Apricot	2-3	2-3	94-96
Avocado	2-5	3-10	85-95
Banana	2-5	2-5	90-96
Grape	2-5	1-3	92-97
Grapefruit	3-10	5-10	80-92
Kiwifruit	1-2	3-5	93-96
Lemon	5-10	0-10	80-95
Mango	3-7	5-8	85-92
Orange	5-10	0-5	85-95
Papaya	2-5	5-8	87-93
Peach	1-2	3-5	93-96
Pear	2-3	0-1	96-98
Pineapple	2-5	5-10	85-93
Strawberry	5-10	15-20	70-80
Vegetables			
Artichoke	2-3	2-3	94-96
Beans, snap	2-3	5-10	87-93
Broccoli	1-2	5-10	88-94
Brussels sprouts	1-2	5-7	91-94
Cabbage	2-3	3-6	81-95
Carrot	5	3-4	91-95
Cauliflower	2-5	2-5	90-96
Chili peppers	3	5	92
Corn, sweet	2-4	10-20	76-88
Cucumber	3-5	0	95-97
Lettuce (leaf)	1-3	0	97-99
Mushrooms	3-21	5-15	65-92
Spinach	Air	10-20	-
Tomatoes	3-5	0	95-97
Onion	1-2	0	98-99

Source: Day (1993), Exama, Arul, Lencki, Lee, and Toupin (1993), Moleyar and Narasimham (1994), Powrie and Skura (1991), and Smith and Ramaswamy (1996).

Tabela 3 - Misturas de gases recomendadas para MAP

Os teores de O₂ e CO₂ diferem com variedade, origem e época. Por exemplo, concentrações de CO₂ superiores a 1% provocam manchas castanhas em alface iceberg e concentrações de CO₂ superiores a 15% induz aparecimento de *off-flavour* em vários frutos. Por outro lado, concentração extremamente reduzida de O₂ (iguais ou inferiores a 2%) induzem a respiração anaeróbica e surgem odores indesejáveis. Para além de O₂ e CO₂, o azoto (N₂), também é utilizado em MAP para evitar colapso da embalagem. O N₂ é frequentemente utilizado para movimentar O₂ em MAP, retardando o escurecimento oxidativo e inibindo microrganismos aeróbios.

Outro tipo de composição em atmosfera modificada é o O₂ super-atmosférico (HO), que é um meio eficaz para inibir tanto o crescimento microbiano como o escurecimento enzimático e prevenir reações de fermentação anaeróbica (Ayala-Zavala *et al.* 2007). Tem sido demonstrado efeito melhorado de HO, quando combinado com o aumento da concentração de CO₂ em vegetais frescos cortados. No entanto, também tem sido relatado impacto negativo de HO sobre a fisiologia pós-colheita e qualidade de produto. Verificou-se que concentração atmosférica HO em embalagens tem sido particularmente eficaz para além do escurecimento enzimático, inibindo a respiração anaeróbica, produção de *off-flavour*, e reduzindo de perda de humidade e crescimento microbiano (Ayala-Zavala *et al.*, 2007; Jacxsens, L. *et al.*, 2000).

O Alto nível de O₂ reduz os efeitos adversos das elevadas concentrações de CO₂, o que permite ser utilizado para regular deterioração (Angos, I. *et al*/2008) em alface e uvas (Day B.P.F., 2003).

Em condições de armazenamento bem monitorizadas, o uso mistura de gás de HO (80-85% O₂ + 15-20% CO₂), incrementou a qualidade sensorial e benefícios antimicrobianos para uma ampla gama frutas e hortícolas frescos.

XI. MATERIAIS DE EMBALAGEM EM MAP

A perda ou absorção de humidade é um dos fatores mais importantes para o controlo do período de vida de útil dos alimentos. Existe um microclima dentro da embalagem determinado pela pressão de vapor do alimento na temperatura de armazenamento e pela permeabilidade da embalagem. O controlo da troca de humidade é necessário para evitar a deterioração microbiológica ou enzimática, a desidratação ou o amolecimento do alimento, a condensação dentro das embalagens e o conseqüente crescimento de fungos.

Os alimentos frescos que estão a respirar e possuem alta humidade relativa de equilíbrio necessitam de um alto grau de permeabilidade para permitir a troca de oxigénio e dióxido de carbono com a atmosfera sem causar perda excessiva de humidade.

Segundo Fellows (2006), dois dos parâmetros técnicos mais importantes das embalagens para MAP são a permeabilidade ao gás e ao vapor de água.

Os materiais de embalagem são classificados de acordo com as suas propriedades de barreira ao oxigénio num período de 24 horas:

- barreira baixa (>300 cc m⁻²) para envolver carne fresca ou outras aplicações para as quais a transmissão de oxigénio é desejada;
- barreira média de 50 a 300 cc m⁻²;
- barreira alta de 10 a 50 cc m⁻²;

- Barreira ultra alta ($<10 \text{ cc m}^{-2}$), que protege o produto do oxigênio até ao final da sua vida útil.

Os materiais típicos utilizados são filmes flexíveis simples ou co-extrudidos ou laminados de álcool etil-vinílico (EVOH), dicloreto de polivinil (PVDC), polietileno tereftalato (PET), polipropileno (PP), polietileno (PE), poliéster, náilon amorfo (resina de poliamida) e náilons, apesar deste último oferecer apenas barreira moderada. Os filmes são revestidos na parte de dentro da embalagem com um agente anti-embaciante, tipicamente um material de silicone ou estearato, para dispersar as gotículas de humidade condensada e permitir que o alimento seja visível.

XII. APLICAÇÕES DE MAP UTILIZADOS NO PROCESSO DE EMBALAGEM

MICROPERFURAÇÃO EM MAP

Filmes microperfurados são comumente usados para embalagem em atmosfera modificada (MAP) de frutas e vegetais com altas taxas de respiração. Diferentes condições de *headspace* podem ser conseguidas no embalamento, dependendo das interações entre a atividade respiratória do produto embalado e a transferência de gás através da matriz do polímero e microperfurações (Lucera *et al.*, 2011). Esta técnica é muitas vezes nomeada de (EMAP) "*equilibrium modified atmosphere packaging*". A escolha do filme otimizado é crucial para se obter modificação eficiente da atmosfera e evitar níveis de O_2 extremamente baixos e / ou níveis elevados de CO_2 , o que poderia induzir metabolismo anaeróbico com possível criação de aromas não característicos e risco de proliferação de microrganismos anaeróbios (Beaudry, 2000; Watkins 2000). Em Anexo apresentam-se exemplos de filme não perfurado PE Mylar® e filme microperfurado Xtend®

As trocas gasosas numa embalagem com filme perfurado ocorrem quase inteiramente através das microperfurações, e vários modelos matemáticos têm sido propostos a fim de descrever a troca de gases através das perfurações. A aplicação da lei de Fick é generalizada, e o modelo modificado de Fishman *et al.* (1996) é vulgarmente utilizado. No entanto, todos estes modelos matemáticos assumem a distribuição uniforme de microperfurações, que estas são circulares, dentro do intervalo de tamanho desejado, e desobstruídas (Allan-Wojtas *et al.*, 2008).

Gonzalez *et al.* (2008) utilizaram um sistema de medição estático e um cromatógrafo de gás para medir O_2TR (taxa de transmissão de oxigênio) e CO_2TR (taxa de transmissão de dióxido de carbono) de perfurações individuais com diferentes dimensões em filmes com diversas espessuras. Com base em dados experimentais,

propuseram uma equação que descreve a dependência das taxas de transmissão na área de perfuração, em que o único *input* é o tamanho da perfuração medido por um microscópio ocular.

Os dados previstos pela equação empírica foram comparados com cinco outros modelos bibliográficos. As taxas de transmissão de O₂ e CO₂ previstas por esta equação empírica foram muito próximas das obtidas com a equação de Fick modificada, tal como descrito por Fishman *et al.* (1996). No entanto, usando o modelo empírico proposto a partir de Gonzalez *et al.* (2008) ainda são requeridos orifícios uniformes de modo a calcular a área da perfuração.

Outro fator a ser considerado quando se trabalha com embalagens perfuradas é o do tamanho da perfuração em relação às condições de armazenagem (estáticas ou de convecção). Allan-Wojtas *et al.* (2008) compararam diferentes técnicas de microscopia para estudar a microestrutura das microperfurações em filmes plásticos e relacionar as mesmas com características de transporte de gás, em condições estáticas e condições de ventilação forçada. Os autores observaram um aumento linear tanto nas taxas de transmissão de O₂ como de CO₂ com a área dos orifícios de microperfurações na gama de 30-100 µm, por difusão sob condições estáticas. O estudo também indicou que microperfurações maiores que 55 µm podem perder condições de difusão constante, se existirem condições de convecção (ventilação forçada) presentes. Os resultados "OTR" mais consistentes foram obtidos usando microperfurações menores em maior quantidade, em vez de menor quantidade de microperfurações de maior dimensão.

Embora a maior parte das trocas gasosas numa embalagem microperfurada ocorra através das perfurações, em algumas embalagens, com menor número de perfurações, terá uma combinação de transmissão de fluxo de gás tanto através do polímero, como através das perfurações (Beaudry, 2008). A medição em geral da embalagem vai ter em conta e medir simultaneamente a taxa de transmissão através do material de polímero e as perfurações com as condições de armazenamento pretendido. Larsen *et al.* (2000).

XIII. INOVAÇÃO TECNOLÓGICA EM MAP

SISTEMA DE MEDIÇÃO DE TAXAS DE RESPIRAÇÃO E MICROPERFURAÇÃO A LASER DE "IN SITU"

Foi criado e patenteado um sistema de embalagem que face à taxa respiratória dos produtos a embalar executa uma microperfuração por laser do material de embalagem por forma a criar condições de atmosfera modificada específicas para o produto em causa.

O objetivo é, como já referido anteriormente, o aumento da vida útil de produtos embalados com utilização esta tecnologia.

Este sistema apresenta várias vantagens, nomeadamente:

- 1) Um sistema de laser com monitorização contínua da perfuração dá o total controlo sobre a permeabilidade do filme de embalagem, dependendo da taxa respiratória do tipo de produto e época do ano, ao contrário de outras tecnologias;
- 2) Medição rápida de taxas de respiração de produtos frescos, tais como vegetais cortados ou inteiros, e cálculo através de *software* próprio da quantidade e diâmetro ótimos das microperfurações a efetuar na embalagem;
- 3) Equipamento com capacidade de perfuração em vários tipos de embalagem (OPP, PE, PET e polímeros biodegradáveis recolhidos de fontes naturais).
- 4) Capacidade de efetuação de microperfurações até 30 µm a uma velocidade de pelo menos 300 m/min.
- 5) - Laser está preparado para operar em condições adversas, tais como humidade elevada e ambientes frios, que são frequentes nos processos de embalamento de produtos frescos e minimamente processados.
- 6) - O laser poderá ser aplicado consoante as necessidades do cliente:
 - i. Numa embaladora para embalamento de produto final;
 - ii. Numa máquina cortadora de película para quem produz filme de embalagem, para acondicionamento de frutos e vegetais prontos a utilizar ou prontos a servir (caso de frutos e saladas).

Na perspetiva desta dissertação considera-se que as inovações tecnológicas atrás descritas são uma mais-valia para o estudo do processo de embalagem em atmosfera modificada e considera-se que é possível um aumento da abrangência e sectorização da tecnologia da atmosfera modificada, uma vez que o mesmo apenas tem vindo a ser utilizado exclusivo por indústrias alimentares de médio e grande porte. Para além do aumento da abrangência em mais sectores da indústria alimentar, visamos ainda um aumento da eficiência relativamente à gama de produtos a processar, a uma minimização da produção de resíduos alimentares no sentido em que será possível utilizar durante períodos maiores produtos com um alto nível de perecibilidade, minimizando assim o desperdício e a produção de resíduos. Considera-se também que a utilização destas inovações tecnológicas contribuirão para melhores políticas de metabolismo urbano dentro da empresa, uma vez que a gestão de espaço, recursos humanos e resíduos será melhor controlada.

A pertinência e atualidade do atrás exposto ultrapassou a construção desta tese, conseguindo motivar *players* nacionais de referência no sector alimentar e da hotelaria. Assim, promoveu-se uma reunião com o CEO do grupo "Nordigal" (<http://www.nordigal.pt/>) e dois administradores da empresa "Maia e Pereira" (promotora da construção de um grande hotel na Avenida da República em Lisboa e outras unidades fora da cidade).

A apresentação das bases tecnológicas, bem como das vantagens competitivas e diferenciadoras para a colaboração com o ISA num projeto, foram aceites e a seu tempo, integradas nas estratégias de inovação e investimento das empresas atrás referidas.

A formalização escolhida para firmar tarefas, *deliverables* e *milestones* foi uma candidatura ao EUREKA (ver desagregação conceptual no capítulo seguinte). A materialização do entendimento que consubstancia o projeto está explanada na cópia da candidatura reproduzida no anexo 1. Assim, tenta-se demonstrar o efeito mobilizador destas temáticas científicas e o fator contributivo para mais uma iniciativa de interligação entre a academia e o tecido empresarial.

XIV. A INICIATIVA EUREKA



O que é a Iniciativa EUREKA?

A iniciativa EUREKA tem como objetivos:

Estimular a produtividade e a competitividade da indústria europeia, promovendo a ligação entre as empresas que produzem produtos e serviços, as instituições de Investigação e Desenvolvimento e as universidades.

Promover a cooperação entre empresas e institutos para que desenvolvam em conjunto produtos tecnologicamente inovadores com perspectiva de mercado a nível europeu e mundial.

Países Membros

A Iniciativa EUREKA integra 39 países europeus e a Comissão Europeia tendo como base de cooperação a igualdade de todos os seus membros:

Alemanha, Áustria, Bélgica, Bulgária, Chipre, Croácia, Dinamarca, Eslovénia, Espanha, Estónia, Finlândia, França, Grécia, Holanda, Hungria, Inglaterra, Irlanda, Islândia, Israel, Itália, Letónia, Lituânia, Luxemburgo, Macedónia, Malta, Mónaco, Noruega, Polónia, Portugal, Rep. Checa, Rep. Eslovaca, Roménia, Rússia, São Marino, Sérvia, Suécia, Suíça, Turquia, Ucrânia, União Europeia.

O valor do selo EUREKA



O selo EUREKA traz vantagens competitivo para as empresas, produtos e serviços inovadores porque lhes confere notoriedade e visibilidade internacional associada a uma imagem de excelência.

Quando é atribuído o selo EUREKA a um projeto reconhece-se publicamente que se está a desenvolver um produto, processo ou serviço tecnologicamente inovador, de elevada qualidade e potencial.

EUREKA Success Stories - Os casos de sucesso EUREKA

A Iniciativa EUREKA tem vários instrumentos de promoção dos resultados dos projetos junto dos meios internacionais. Um desses instrumentos é a publicação de '*success stories*'.

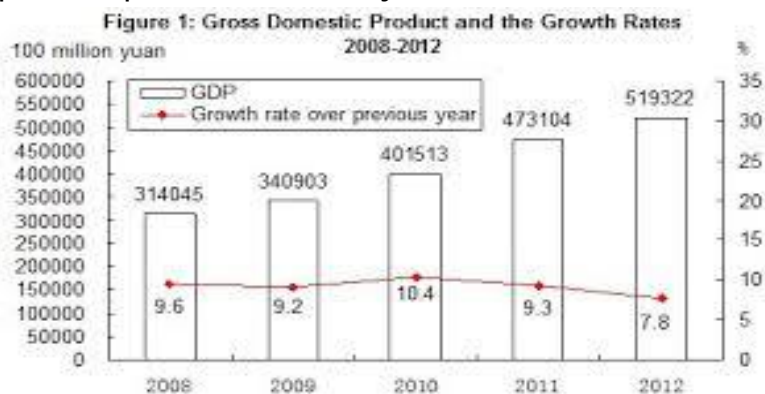
Sempre que é identificado um caso com sucesso no mercado, a Iniciativa EUREKA promove a sua divulgação através da publicação de uma '*Success Story*' acompanhada de uma informação aos media internacionais.

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

I. O MERCADO DOS PRODUTOS HORTOFRUTÍCOLAS FRESCOS E MINIMAMENTE PROCESSADOS

Existe cada vez mais um foco na indústria de valor acrescentado e na diminuição de custos através do desenvolvimento da distribuição e num melhor entendimento do consumidor e das suas necessidades. Este sistema dinâmico evoluiu predominantemente na direção da venda direta entre produtores e compradores finais, operadores alimentares e retalhistas, com os canais dos operadores de alimentos a absorver uma parte em crescimento do volume total. A forma de produto e embalagem estão em constante mudança, enquanto mais empresas introduzem produtos de valor acrescentado tais como produtos processados que são desenhados para responder ao mercado em crescimento dos elaborados e minimamente processados. Os produtos frescos continuam a ser um elemento crítico nas estratégias de retalhistas e a sua disponibilidade é uma necessidade tanto para os retalhistas como para os operadores alimentares.

Figura – Evolução do valor acrescentado de produtos com origem na produção primária para a transformação



O mercado dos produtos cortados e minimamente processados cresceu rapidamente estendendo-se desde os operadores alimentares ao retalho. Estes produtos vegetais são preparados para manter a sua frescura, providenciando conveniência e comodidade para o utilizador. Existem inúmeras variáveis, algumas de difícil controlo e

dependem de fatores tais como as tecnologias pós colheita, processamento e embalagem.

II. BENEFÍCIOS DO PROCESSO DA EMBALAGEM EM ATMOSFERA MODIFICADA

Um dos grandes benefícios da embalagem em atmosfera modificada (MAP) é a prevenção ou retardamento da senescência, assim como, das alterações bioquímicas e fisiológicas associadas. A temperatura é o facto ambiental com maior influência na prevenção da degradação Pós-colheita de hortofrutícolas. Toda a atividade fisiológica, incluindo a produção de C_2H_4 , é potenciada com o aumento da temperatura. Para diminuir a degradação os produtos deverão ser mantidos o mais perto de $0^{\circ}C$ quanto possível, sem sofrer de queimaduras de frio. A utilização de MAP como um suplemento à temperatura para a manutenção da qualidade, revela-se importante para muitos produtos. Reduzir a concentração de O_2 abaixo de 8% e/ou elevar a concentração de CO_2 acima de 1% retarda a degradação em muitos casos.

Foi no entanto estabelecido que que concentrações iguais ou inferiores a 2% de O_2 estão ao nível da respiração anaeróbica podendo resultar no desenvolvimento de sabores e odores indesejáveis. Frutos climatéricos expostos a níveis baixos de O_2 também podem perder a sua capacidade de atingir maturação uniforme após a remoção da MAP.

III. METODOLOGIAS CONSIDERADAS

O processo de embalagem em atmosfera modificada e as suas variações foram sujeitas a inúmeros estudos que se traduziram em muitos resultados, muitas vezes concordantes mas em alguns casos com resultados inconclusivos ou até mesmo discordantes.

É pretendido nos casos de estudo considerados nesta dissertação, constatar variáveis que condicionam as características sensoriais e qualidade em geral para vegetais frescos manipulados ou não, onde existe interesse em aumentar o período de vida útil.

Na maioria dos casos analisados foram efetuados estudos de cor *CIE la*, relacionando-os com a qualidade sensorial dos produtos.

Noutros casos o estudo é efetuado ao nível proliferação e contaminação intrínseca da microbiota dos produtos, sendo certos microrganismos isolados e efetuando-se a correlação direta dos resultados de acordo com o grau de contaminação.

São também relatados alguns estudos de armazenamento em atmosfera controlada tendo em conta apenas a consideração que são estudos primários que contribuem para o avanço de estudos em MAP.

CASOS DE ESTUDO EM MAP

Para um melhor entendimento da aplicabilidade das linhas de trabalho previstas na candidatura EUREKA, avançámos para a concretização da “utilização do processo de embalagem em atmosfera modificada”, através de casos de estudo que serão seguidamente apresentados.

Nos casos de estudo mencionados consideraram-se produtos vegetais manipulados e não manipulados e compararam-se valores de taxas respiratórias e produção de etileno a várias temperaturas assim como várias hipóteses de embalamento. Nos casos menos explorados de MAP como as plantas aromáticas considerou-se um estudo baseado em atmosfera controlada, tal como nas maçãs. O objetivo é criar questões de forma a poder explorar ainda mais a dinâmica da MAP e todas as hipóteses que ainda poderão ser formuladas.

Finalmente aborda-se a tecnologia de microperfuração e medição das taxas de respiração de forma a validar se é justificável o investimento numa inovação tecnológica.

Os produtos considerados pertinentes para serem envolvidos no estudo são:

- Manga inteira e cortada (estudos CA e MAP)
- Maçã Fuji (estudos CA)
- Maçã Golden (Estudos CA)
- Melão inteiro e cortado (Estudos CA e MAP)
- Abacaxi cortado (Estudos CA e MAP)
- Plantas aromáticas (Estudos CA)
- Saladas (Estudos MAP)
- Cogumelos (Estudos MAP)

A escolha dos produtos teve em conta a o tipo de utilização e a perecibilidade dos produtos e também disponibilidade de dados existentes.

CASO DE ESTUDO – MANGA INTEIRA EM CA

Segundo estudos efetuados com manga inteira por Kader (1997) (<http://postharvest.ucdavis.edu/producefacts/>), a atmosfera gerada pela aplicação de armazenamento em atmosfera controlada atrasa a maturação de certos frutos tropicais e subtropicais, incluindo a Manga.

O seguinte estudo efetuado por kader (1997) demonstra como o armazenamento de manga em atmosfera controlada pode ter um aumento significativo no período de armazenamento deste fruto, sem existirem perdas de qualidade. Como se pode ver na tabela que se segue, concluiu-se que em atmosfera controlada a principal variável responsável pela durabilidade era o frio. Mas algumas das respostas ao tratamento eram negativas e relatam o aparecimento de queimaduras de frio.

MANGA (10°C) - INTEIRA	
TAXA DE RESPIRAÇÃO (ml CO₂/kg·hr)	TAXAS DE PRODUÇÃO DE ETILENO (µl C₂H₄/kg·hr)
15-22	0.2-1.0
PERIODO DE VIDA ÚTIL	
Refrigeração	Com CA 3-5% O ₂ e 5-8% CO ₂
2 – 4 semanas	3-6 semanas

Tabela 4 - Caso de Estudo Manga Inteira
<http://postharvest.ucdavis.edu/producefacts/>

CASO DE ESTUDO – MANGA INTEIRA EM MAP COM MICROPERFURAÇÃO

A tabela seguinte compila estudos efetuados em manga inteira por Pesis *et al*/em 2000 comparam embalagem em atmosfera e humidade modificada com PE microperfurado e com Xtend® film (XF) (perfurado de origem).

Manga (3 semanas a 12°C e 1 semana a 20°C) - Inteira		
Taxa de respiração (ml CO₂/kg·hr)		
15-22		
Taxas de produção de etileno (µl C₂H₄/kg·hr)		
0.2-1.0		
Período de vida útil:		
Refrigeração	MAP Com PE microperfurado	MAP Com X Film
	~10% O₂ e ~5% CO₂	~10% O₂ e ~5% CO₂
2 – 4 semanas	4 semanas	4 semanas

* Pesis *et al.*, 2000

Tabela 5 - Caso de Estudo Manga Inteira MAP

A atmosfera modificada foi criada utilizando caixas de 4 Kg filmadas com PE micro perfurado ou com filme XF. Depois de 3 semanas a 12 °C e 1 semana a 20 °C, verificou-se que ambos os tratamentos resultavam efetivos para controlar queimadura de frio. O tratamento mais efetivo foi efetuado com filme XF. Uma segunda vantagem de usar o filme XF foi a redução de queimadura resinosa devido a uma humidade relativa inferior.

CASO DE ESTUDO – MANGA EM CUBOS COM MAP

Estudos efetuados em manga cortada por Rattanapanon *et al.*, (2001) são descritos na tabela que se segue:

Manga (5°C) – cortada (300 g em cubos)	
Rates of respiration (ml CO₂/kg·hr)	
4-6	
Rates of ethylene production (µl C₂H₄/kg·hr)	

Período de vida útil:	
Sem MAP	com MAP
	0.5-4% O₂ e 20% CO₂
3-5 dias	6-8 dias

Tabela 6 - Caso de Estudo Manga Cortada

Este estudo foi efetuado com frutos maduros, mantidos a 25 °C antes do corte. Antes do corte foram sanitizados em água a 5°C e com uma solução de 200 ppm de hipoclorito de sódio, posteriormente foram imersos em solução de pH Neutro por 2 minutos e escorridos. Os frutos selecionados apresentavam entre 13 a 27 N de firmeza (medidos por penetrâmetro com sonda de 11.1 mm), tendo sido separados entre 3 lotes uniformes, representando 3 réplicas.

Os frutos de cada réplica foram descascados e foi-lhes retirado o endocarpo da semente a cada lado. O endocarpo foi cortado em tiras de 2 cm, que por sua vez foram cortadas em cubos de 2X2 cm.

Foi repetido o procedimento anterior com os cubos de manga de cada réplica apenas variando a concentração do hipoclorito para 150 ppm. Posteriormente os cubos foram embalados com redução da atmosfera até 0.5, 1, 2 e 4% de O₂.

A taxa de respiração, baseada no consumo de oxigénio e na produção de dióxido de carbono foi medida a cada 6 horas durante 5 dias.

Como é possível ver pelos resultados, o período de vida útil é passível de aumentar utilizando O₂ baixo e CO₂ Alto

CASO DE ESTUDO – MAÇÃ FUJI E GOLDEN EM CA

Segundo estudos efetuados em atmosfera controlada por Adel A. Kader, demonstrados na tabela que se segue, revelam períodos de vida útil muito conclusivos e bastante extensos.

Maçã Fuji (0°C)**Taxa de respiração (ml CO₂/kg·hr)**

4-6

Taxas de produção de etileno (µl C₂H₄/kg·hr)

2-4

Período de vida útil:**Refrigeração****Com CA****2% O₂ e 0.5% CO₂**

3-5 meses

8 Meses

Tabela 7 - Caso de Estudo Maçã Fuji CA

Maçã Golden (10°C)**Taxa de respiração (ml CO₂/kg·hr)**

7-12

Taxa de produção de etileno (µl C₂H₄/kg·hr)

5-60

Período de vida útil:**Refrigeração****Com CA****1-3% O₂ e 1.5-3%****CO₂**

6 meses

10 meses

Tabela 8 - Caso de Estudo Maçã Golden CA

Não foram detetados durante a pesquisa deste trabalho estudos definidos sobre atmosfera modificada em maçã inteira ou processada. Foram detetadas menções de estudos de outros autores, mas não existiam dados comprovativos da viabilidade do estudo.

CASO DE ESTUDO – MELÃO INTEIRO EM CA

Segundo estudos efetuados no melão por Adel A. Kader com atmosfera modificada, comprovou-se estatisticamente e com algumas contrariedades, que a atmosfera gerada pela aplicação de CAP atrasa a maturação do melão inteiro. Vid tabela 9.

Melão (20°C) - CA	
Taxa de respiração (ml CO₂/kg·hr)	
20-27	
Taxa de produção de etileno (µl C₂H₄/kg·hr)	
7.5	
Período de vida útil:	
Refrigeração	Com CA
	1-3% O₂ e 1.5-3% CO₂
12-15 dias	21 dias

Tabela 9 - Caso de Estudo Melão inteiro CA

Não se considerou que a aplicação de atmosfera controlada ao melão inteiro apresente vantagens significativas.

CASO DE ESTUDO – MELÃO CORTADO EM CA

Ainda em estudos com melão por Kader (1997) compilados na tabela 10. Verificou-se que o fruto cortado, em condições de 3% de O₂ e 10% de CO₂ a 7 ° C apresenta incremento no período de vida útil significativo do ponto de vista operacional.

Melão Cortado (5°C) - CA

Taxa de respiração (ml CO₂/kg·hr)

20-27

Taxa de produção de etileno (µl C₂H₄/kg·hr)
--

7.5

Período de vida útil:

Refrigeração	Com CA
---------------------	---------------

Com CA

3% O₂ e 10% CO₂
--

-	Até 21 dias (inconclusivo)
---	-------------------------------

<http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/Honeydew/>

Tabela 10- Caso de Estudo Melão Cortado CA

Este estudo é inconclusivo relativamente ao período de vida útil apesar de ter durado 21 dias. Os benefícios de período de vida útil não são considerados pelo autor uma vez que o aparecimento de degradação na polpa e *off-flavour* predominaram.

CASO DE ESTUDO – MELÃO CORTADO COM MAP

Noutro estudo analisado (tabela 11), foram avaliadas características fisiológicas e qualitativas de cubos de melão fresco cortado. O objetivo do estudo de Jinhe Bai (2002) foi detetar diferenças a influência da data de colheita (verão ou inverno). Este estudo apesar de não conclusivo para o objetivo primário apresenta dados muito conclusivos para o estudo de viabilidade ao nível de embalagem em atmosfera modificada.

Cubos de melão foram sanitizados e embalados em três ambientes diferentes:

- Atmosfera formada passivamente – MAP Passiva;
- Injeção ativa na embalagem com 5 kPa O₂ / 5 kPa de CO₂ na embalagem (MAP ativa),
- Película de Filme Perfurado (PFP);
- Três condições de temperatura de armazenamento
 - 5°C;
 - 10°C;
 - 2 dias a 5 °C, seguido de 7 dias 10 °C para um total de 11 dias.

Melão cortado (0°C)	Melão cortado (5°C)	Melão cortado (10°C)
Rates of respiration (ml CO₂/kg·hr)		
8.3	3	2.3
Taxas de produção de etileno (µl C₂H₄/kg·hr)		
17-21		
Período de vida útil:		
MAP Passiva a 5°C ➤ 10 dias	MAP Ativa a 5°C ➤ 12 dias	Com perfuração (PFP) a 5°C 9/10 dias
MAP Passiva a 5/10°C 7/8 dias	MAP Ativa a 5/10°C 9/10 dias	Com perfuração (PFP) a 5/10 °C 5/6 dias
MAP Passiva a 10°C 6/7	MAP Ativa a 10°C 9/10 dias	Com perfuração (PFP) a 5/10 °C 4/5 dias

Tabela 11 - Caso de Estudo Melão Cortado MAP P/A e Microperfuração

Melões de verão apresentaram maior taxa de respiração que o melão de inverno. O consumo médio de O₂ de melão de verão em cubos medida no ar foi de 0,11 mmol kg⁻¹ h⁻¹ a 5 °C e 0,21 mmol kg⁻¹ h⁻¹ a 10 °C, em comparação com 0,07 e 0,15 mmol kg⁻¹ h⁻¹, respetivamente, para cubos de melão de inverno.

Amostras foram retiradas nos dias 0, 2, 4, 7, 9 e 11 para análises de composição do gás, a qualidade e análise microbiológica.

Os atributos de qualidade incluíam avaliação de teor de sólidos solúveis, translucência, pH, firmeza e cor (L^* , a^* , b^*).

Os Tratamentos relativos a tipo de embalagem e temperatura afetaram a vida útil dos cubos de melão, tanto de inverno como verão como mostrado na Tabela 11. Prazos de validade baseados em Valores de Qualidade foram geralmente atribuídos ao desenvolvimento de translucência superior a 20% e ao final do estudo de qualidade este valor foi associado com o desenvolvimento de um aroma desagradável a ranço.

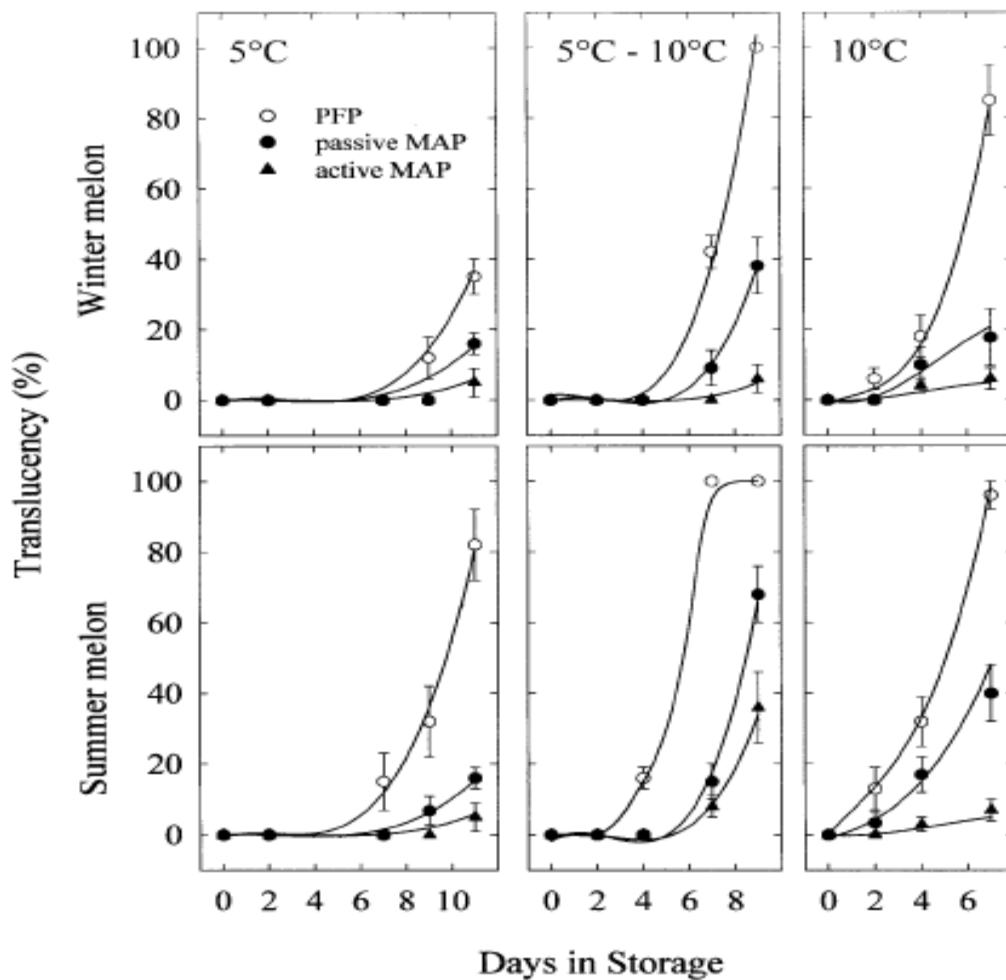


Figura 5 - Atributos de qualidade (translucência da polpa vs. Dias de armazenamento)

Concluiu-se que a fruta de verão apresentava maior teor de sólidos solúveis (SSC), maior taxa de respiração, e maior propensão a translucência do que as frutas de inverno. Translucência e odores não característicos foram os principais fatores para a deterioração dos cubos.

Os cubos em MAP ativa apresentaram melhor retenção de cor, redução da taxa de respiração e microbiota, e vida útil maior do que aqueles em MAP passivo, que era de melhor qualidade e tinha uma vida útil maior do que cubos de PFP. A MAP ativa a 5 °C contínuos foi a melhor combinação, sendo na PFP a 10 °C contínuos a pior combinação de entre os tratamentos para manter qualidade e vida útil dos cubos de melão. Os atributos de qualidade diferiram entre os cubos de frutas disponíveis no inverno e no verão, mas o período de vida útil foi semelhante tanto para os cubos inverno como os de verão.

Este estudo permite concluir sobre a vantagem em alterar a composição da atmosfera logo no ato de embalagem.

CASO DE ESTUDO - ABACAXI CORTADO FRESCO MAP HO

É de conhecimento generalizado que o abacaxi cortado fresco tem um período de utilização muito reduzido. Segundo estudos por Bao-Yu *et al* em 2013, aplicaram-se concentrações baixas e altas de O₂ (21 – 70%) e CO₂ (21 – 50%) e estudou-se o desenvolvimento da microbiota previamente isolada e selecionada e a sua sensibilidade às diferentes concentrações aplicadas (tabela 12).

Abacaxi (7°C) – Cortado fresco em porções de 150
Rates of respiration (ml CO₂/kg·hr)
2-4¹
Rates of ethylene production (µl C₂H₄/kg·hr)

7.5

Período de vida útil	
sem MAP	Com MAP
	50% O₂ e 50% CO₂
5 - 7 Dias	➤ 10 dias

Tabela 12 – Caso de estudo Abacaxi HO MAP

¹ Valor baseado em <http://postharvest.ucdavis.edu/PFfruits/Pineapple/>

CASO DE ESTUDO – ABACAXI CORTADO FRESCO MAP LO

Outro estudo conjunto efetuado por Antonio Marrero et al (2005) compilado na tabela 13, concluiu que o principal efeito na redução (8 kPa ou inferior) de níveis de O₂ foi uma melhor retenção da cor amarela da polpa, refletido nos valores de croma finais mais elevados, enquanto, concentrações mais elevadas (10 kPa) nos níveis de CO₂ levaram a uma redução no escurecimento (valores de Luminosidade L* maiores). Embalagem em atmosfera modificada permitiu a conservação de peças de polpa por mais de 2 semanas a 5 °C ou inferior sem alterações indesejáveis nos parâmetros de qualidade.

As amostras foram embaladas em embalagens de poliestireno seladas com filme "Mylar®".

Abacaxi (0 e 10 °C) – Cortado fresco em porções de 150
Rates of respiration (ml CO₂/kg·hr)

2 (0.3 μLkg⁻¹ s⁻¹ no estudo original)

Rates of ethylene production (μl C₂H₄/kg·hr)

7.5

Período de vida útil
Com MAP a 10°C
8% O₂ e 10% CO₂
Com MAP a 0-5°C
8% O₂ e 10% CO₂

4 Dias

➤ 14 dias

Tabela 13 – Caso de estudo Abacaxi LO MAP

A figura 6 permite verificar a evolução da produção de exsudados durante os dias após o corte.

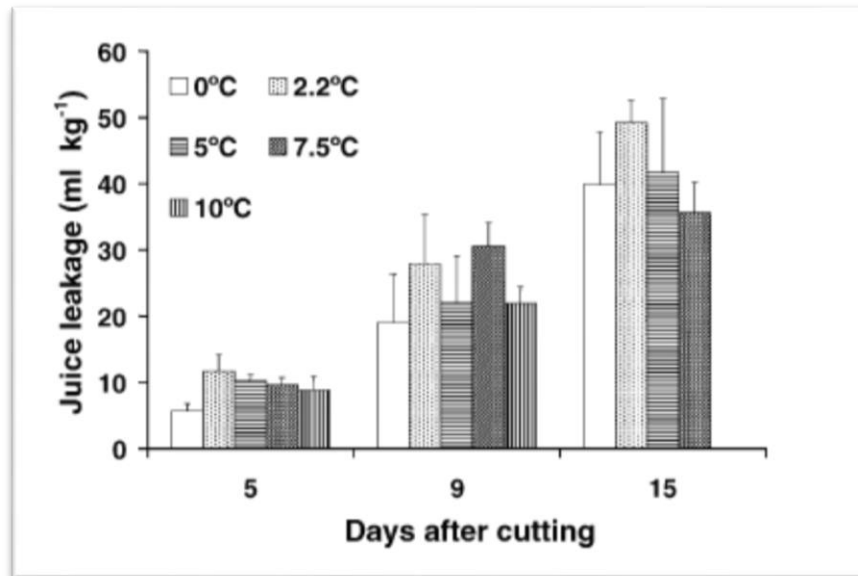


Figura 6 – Exsudados Vs. Dias após corte

CASO DE ESTUDO – ABACAXI CORTADO FRESCO MAP HO, LO E REVESTIMENTO DE ALGINATO

Por fim Marta Montero-Calderón *et al.* (2008) estudaram a influência das condições de embalagem em abacaxi fresco cortado. Foi estudado o período de vida útil durante 20 dias de armazenamento a 5 °C. Pedacos de frutas frescas cortadas foram acondicionadas em bandejas de polipropileno (PP) e envolvidas com filme de polipropileno de 64µm sob atmosfera modificada ativa (alta de 40% ou de baixo oxigênio de 11,4%) ou atmosfera modificada passiva (ar ou frutas cortadas revestida de alginato). A tabela 13 mostra os dados compilados do estudo da Autora.

Abacaxi (0 e 10 °C) – Cortado fresco em porções de 50g

Rates of respiration (ml CO₂/kg·hr)

2 (0.3 µLkg⁻¹ s⁻¹ no estudo original)

Rates of ethylene production (µl C₂H₄/kg·hr)

7.5

Período de vida útil

Com MAP HO 5°C
38% a 40 % O₂

Com MAP LO 5°C
10 a 12% O₂

MAP Passiva a
5°C e 20.9%

Com alginato 1%

14 Dias

14 dias

14 Dias

14 dias

Tabela 14 – Caso de estudo Abacaxi 3 – MAP HO / LO, MAP Passivo e revestimento

Mudanças na composição do *headspace* de embalagem, acidez titulável, pH, teor de sólidos solúveis, o aparecimento de exsudados, cor, textura e crescimento microbiano foram avaliados ao longo do tempo. Para todas as condições de embalagem, a concentração de oxigênio diminuiu continuamente abaixo da sua concentração inicial durante os 20 dias de armazenamento, mas os níveis abaixo de 2 % O₂ nunca foram atingidos. Enquanto isso, a concentração de CO₂ dentro de todos os pacotes aumentou continuamente ao longo do tempo até 10,6-11,7 % das condições iniciais. As concentrações de etileno foram sempre inferiores a 0,4 µl L⁻¹, enquanto o etanol só foi detectado após 13 d de armazenagem.

Os parâmetros de cor L* e b* diminuíram significativamente ao longo do tempo em todas as condições de embalagem e foram diretamente atribuídas ao fenômeno de translucência da polpa do fruto.

Quando foi utilizada a revestimento de alginato, o aparecimento de exsudado foi significativamente reduzida em contraste com a acumulação observada no resto das condições de embalagem (Figura 7). Parâmetros de análise do perfil de textura (TPA), não se alterou significativamente ao longo do tempo, sugerindo que as características estruturais de peças de abacaxi foram preservadas durante o armazenagem.

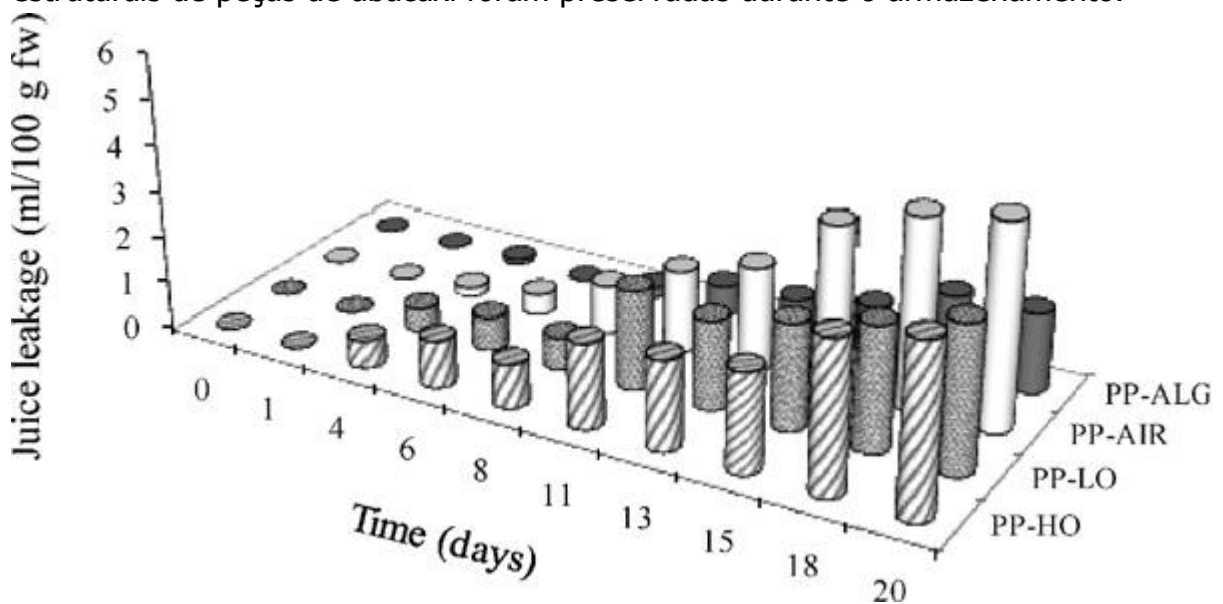


Figura 7 – Exsudado vs. Dias após corte

Do ponto de vista microbiano, o período de vida útil de abacaxi 'Gold' foi limitada a 14 dias por crescimento de bactérias mesófilas. Mais estudos são necessários para avaliar

os aspetos sensoriais, bem como caracterizar o fenómeno de translucência da polpa e reduzir a perda de sumo de abacaxi.

Estudos efetuados com cogumelos, saladas frescas e ervas aromáticas foram também efetuados com resultados inconclusivos mas muito importantes relativamente ao comportamento deste produto em atmosfera modificada.

CASO DE ESTUDO – SALADAS FRESCAS MAP - DESENVOLVIMENTO DE *Listeria spp*

Scifò, Giovanna O. *et al* (2009) utilizou MAP para investigar *Listeria innocua* em saladas de folhas frescas mistas cortadas e embaladas, em ar (OA) e em atmosfera modificada (MA), estirpe DSM 20649 foi inoculada e o seu comportamento foi monitorizado por métodos convencionais e molecular. Durante um período de armazenamento a 4 ° C, os resultados indicaram que:

- Saladas frescas embaladas em MAP (nas condições iniciais de 6% CO₂ e 3% O₂) suportou o crescimento de *Listeria spp*;
- A técnica de placas convencional não conseguiu detetar *L. innocua*, mesmo em amostras inoculadas, enquanto o método PCR-DGGE mostrou que a *L. innocua* se tornou uma das espécies dominantes em amostras embaladas em MA, a partir do terceiro dia de armazenamento.

Este estudo confirmou que a atmosfera modificada tem que ser aplicado em conjunto com outras técnicas de conservação a fim de assegurar a inibição dos microrganismos patogénicos em vegetais minimamente processados.

CASO DE ESTUDO – PLANTAS AROMÁTICAS - CA

Estudos efetuados por Kader (1997) em atmosfera controlada com plantas aromáticas demonstraram resultados otimistas relativamente a um aumento do período de vida útil.

As tabelas 15 e 16 apresentam valores descritos pelo autor relativos aos estudos em CA.

Plantas aromáticas (0°C)		
Taxa de respiração (ml CO₂/kg·hr)		
6-20		
Taxa de produção de Etileno (µl C₂H₄/kg·hr)		
0.06 – 0.22		
Período de vida útil		
Refrigeração	Com CA	Com MAP
	1-5% O₂ e 5-15% CO₂	
2 semanas	3 semanas	---

Tabela 15 – Estudo de Caso - Plantas aromáticas CA

* Estudo efetuado nos primeiros 5 dias após colheita: manjeriço, cerefólio, cebolinho, coentros, canónigos, hortelã, orégão, salsa, sálvia, estragão e tomilho.

Plantas aromáticas (5-10°C) – Manjeriço e Shiso	
Taxa de respiração (ml CO₂/kg·hr)	
25-80	
Taxa de produção de Etileno (µl C₂H₄/kg·hr)	
0.10-0.57	
Refrigeração	Com CA
	1-5% O₂ e 5-15% CO₂
2 semanas	3 semanas

Tabela 16 – Estudo de Caso - Manjeriço e Shiso CA

CASO DE ESTUDO – COGUMELOS SHIITAKE – MAP E MACROPERFURAÇÃO

Finalmente, encontram-se em estudo os cogumelos que têm criado dificuldades aos estudos com atmosfera modificada. Antmann, Gabriela *et al*/fizeram vários estudos com cogumelos shiitake com resultados interessantes.

O primeiro estudo com embalagens macroperfuradas em ar e MAP e um segundo estudo com MAP sem perfuração, apesar de inconclusivos relativamente à viabilidade comercial foram sugestivos relativamente aos resultados obtidos ao nível das causas de degradação (sensorial e microbiológica) e dão orientações sobre futuros nos estudos a efetuar.

Num estudo preliminar, cogumelos Shiitake (*Lentinus Edodes*) foram embalados sob ar em dois tipos de embalagem (polietileno) macroperfurada (**A** - $9,0 \times 10^3$ perfurações/m², 0,1 mm² superfície e **B** -17 perfurações/m², 0,1 mm² de superfície) e em duas misturas de gases (15% e 25%, O₂) e armazenadas a 5 ° C durante 18 dias. A qualidade sensorial dos cogumelos foi avaliada utilizando um painel de avaliadores treinados.

Os cogumelos embalados em pacotes macroperfurados do tipo **A** mostraram a menor taxa de deterioração. No entanto, a perda de peso depois de 6 dias de armazenamento atingiu 15 %, o que é inaceitável. Além disso, a vida útil de cogumelos *shiitake* em atmosfera modificada ativa foi limitado pelo desenvolvimento de odor não característico. Os cogumelos nestes pacotes desenvolveram odor não característico após 12 d de armazenamento devido ao fato de que as concentrações de O₂ caem abaixo de 5%.

Por outro lado, a vida de útil de cogumelos embalados em pacotes macroperfurados **B** foi limitada pela sua deterioração sensorial, nomeadamente por alterações na cor e uniformidade das suas lâminas. Neste filme, os cogumelos podem ser armazenado por cerca de 10 dias, com uma perda de peso inferior a 2 %.

Os resultados do presente trabalho sugerem que, durante os primeiros 6 dias de armazenamento de todas as condições de embalagem avaliadas foram úteis para reduzir a taxa de deterioração do cogumelo.

Num segundo estudo estudou-se influência da embalagem com atmosfera modificada sobre a qualidade microbiológica e sensorial de cogumelos shiitake. Cogumelos foram embalados sob ar atmosférico (atmosfera modificada passiva) e uma mistura de gás

inicial de 5 % de O₂ e 2,5% CO₂ (atmosfera modificada ativa), em sacos de dois filmes diferentes: polietileno de baixa densidade (PE) e polipropileno (PP). Como controlo, os cogumelos foram embalados em filmes de PP macroperurado. Os sacos foram armazenados a 5 ° C durante 20 dias. Foram determinadas durante o armazenamento, a composição da atmosfera, a taxa de respiração cogumelo, perda de peso, contagem microbiológica e qualidade sensorial. Os ensaios de risco também foram realizadas. Sob as condições estudadas, a deterioração cogumelo *shiitake* não foi devido ao crescimento de microrganismos, e, por conseguinte, a vida útil do produto pode ser definida por alterações nas suas características sensoriais. A análise sensorial mostrou que os cogumelos armazenados sob atmosfera modificada (ativa e passiva) tiveram uma maior taxa de deterioração do que aqueles armazenados em filmes de PP macroperfurados, e os valores mais baixos de qualidade sensorial durante o tempo de armazenamento inteiro. Estes resultados sugerem que a deterioração cogumelo foi provavelmente devido à sensibilidade dos cogumelos *Shiitake* a altas concentrações de CO₂.

DISCUSSÃO DE RESULTADOS COMPILADOS

A análise global dos resultados compilados da bibliografia consultada permitem observar a vantagem em utilizar atmosfera modificada cativa, o que vem corroborar o interesse da utilização da tecnologia proposta nesta dissertação.

Relativamente à manga inteira nos estudos *de Kader et al* (1996) verifica-se que com uma atmosfera controlada ótima de 0.5-4% O₂ e 5-8% CO₂:

- Retarda a maturação e reduz as taxas de respiração e produção de etileno
- Potencial de vida pós-colheita a 13 ° C: 2-4 semanas sem AC e 3-6 semanas em AC (dependendo da variedade e grau de maturação);
- A exposição a menos de 2% de O₂ e / ou acima de 8% de CO₂, pode induzir a descoloração da pele, a cor da polpa acinzentado, e desenvolvimento de aroma pouco característico;

Nos estudos de atmosfera modificada por Pesis *et al.* (2000) com filmes microperfurados, para além de se verificarem todos os pontos atrás descritos, verificou-se que a temperatura não é um facto tão relevante para manter a qualidade do fruto e que problemas anteriormente detetados relativamente a queimaduras de frio e queimaduras resinosa (química) podem ser melhor controlados por um período equivalente (4 semanas), uma vez que este tipo de embalagem controla de forma mais eficiente a humidade relativa na atmosfera circundante do fruto.

No estudo da manga cortada por Rattanapanon *et al.*, (2001) verifica-se que:

- O período de vida útil é passível de ser aumentado considerando baixas percentagens de O₂ e percentagens de CO₂ elevado,
- Conclui-se a temperatura e o equilíbrio imediato na atmosfera modificada são os fatores determinantes da extensão do período de vida útil uma vez que estes fatores são responsáveis por manter baixos níveis de taxa respiratória durante o estudo.

O estudo demonstra que a qualidade comercial do produto é melhor mantida a baixas concentrações de O₂.

Desta forma pode-se afirmar que as várias metodologias são eficientes, mas todos os estudos demonstraram que não poderão ser aplicadas em frutos em estado de maturação avançados nem a todas as variedades, sendo variedade "Tommy" a que apresentou melhor aptidão para os tratamentos.

A tecnologia proposta permite uma boa adaptação caso a caso, contribuindo para ultrapassar as especificidades decorrentes da variedade e estado de maturação, entre outras.

No estudo da maçã (Fuji e Golden) em atmosfera controlada por Kader (1997), apresentam-se valores que são facilmente conclusivos. Um incremento de 3 a 4 meses de período de vida útil é considerado eficiente do ponto de vista operacional, permitindo, por exemplo, apresentar fruta nacional fora de. No entanto foram apresentados alguns contras do ponto de vista qualitativo e sensorial relativo ao aparecimento de problemas fisiológicos.

Relativamente ao melão, o embalamento em atmosfera controlada não apresentou vantagens significativas para o fruto inteiro.

Ainda em estudos de Kader verificou-se que o fruto cortado, em condições de 3% de O₂ e 10% de CO₂ a 7 ° C apresenta incremento no período de vida útil significativo do ponto de vista operacional. Verificou-se ainda que concentrações elevadas de CO₂ em 10-20% apesar de toleradas, causam danos ao nível da polpa do fruto o que não é vantajoso do ponto de vista sensorial para o consumidor.

Estudos efetuados demonstram que concentração baixa de O₂ (<1%) ou elevado de CO₂ (> 20%) provocam deficiência ao nível do amadurecimento, flavor e odor não característico, entre outros defeitos.

Os vários estudos efetuados com melão minimamente processado evidenciam a necessidade de prosseguir os trabalhos no sentido de estabelecer quais as condições mais apropriadas, apesar da MAP ativa apresentar resultados muito promissores.

Os vários estudos realizados com abacaxi cortado fresco com MAP são bastante conclusivos relativamente à utilização de MAP tanto relativamente às características sensoriais como no que respeita o incremento do período de vida útil. Os estudos realizados por Montero-Calderón, evidenciaram a influência das condições de embalagem no abacaxi fresco cortado, tendo conseguido um período de vida útil do produto limitada 14 dias. De qualquer das formas considera-se que para o tema em estudo nesta dissertação 14 dias de vida útil para produtos processados é muito eficiente do ponto de vista operacional.

As plantas aromáticas frescas apresentam-se em grande variedade na sua origem botânica e nas suas propriedades pós-colheita. Muitas são colhidas como hastes de folhas herbáceas ou semilenhosas (orégão, estragão, manjeriço, hortelã) e na família das plantas aromáticas também se podem incluir inflorescências imaturas ou maduras. Algumas são colhidas tendo em conta o desenvolvimento das folhas (p.ex. canónigos) ou plantas intactas (coentro, salsa). As características a preservar, são em grande parte visuais e incluem aparência de frescor, a uniformidade de tamanho, forma e cor, e ausência de defeitos (folhas danificadas ou amareladas, murchidão, danos de insetos).

A existência do aroma característico dos óleos essenciais é essencial para a qualidade comercial de plantas aromáticas com destino à culinária, verifica-se que este geralmente diminui durante o armazenamento. Esta contrariedade condiciona o período de vida útil dos produtos, uma vez que do ponto de vista da nossa hipótese, se considera que as características principais do produto deverão ser mantidas na aplicação da tecnologia de embalagem.

Para a maioria das plantas aromáticas, o armazenamento a 0 °C é necessário para otimizar a qualidade de vida e de armazenamento. O período de vida útil esperado é de 3 semanas a 0 °C e 2 semanas a 5 °C.

O Manjeriço e o Shiso (utilizado na confeção da cozinha Japonesa) são sensíveis à refrigeração e constatou-se que deverão ser armazenados acima de 10 °C.

Dependendo da perda de água, um período de vida útil de 1 a 2 semanas pode ser esperado para o manjeriço. Uma hipótese é a possibilidade destas plantas poderem ser refrigeradas através da imersão água gelada antes da embalagem ou refrigeradas em câmara depois de embaladas. No caso das plantas aromáticas e devido às pequenas quantidades comercializadas, a perda de água pode ser uma causa grave de perda de qualidade, especialmente nas plantas com grandes folhas como manjeriço e coentro.

No desenrolar do estudo, verificou-se que alguns incrementos de período de vida útil podem ser obtidos com atmosferas baixas de O₂ (1-5%) e de CO₂ elevado (5-15%) a temperaturas moderadas 5-10 °C. Baixos teores de O₂ irão reduzir as taxas de respiração. Ambientes com teores elevados de CO₂ mantêm a cor verde e reduzem lesões em muitas plantas (como salsa e coentro), mas não são benéficas para manjeriço.

As plantas manjeriço e shiso são sensíveis à refrigeração. Os sintomas observados incluem escurecimento das folhas e crescimento da ponta, acastanhamento das nervuras foliculares, e perda da aparência brilhante das folhas

CONSIDERAÇÕES ESPECIAIS PARA AS PLANTAS AROMÁTICAS

Devido à importância dos óleos essenciais para a qualidade culinária da planta fresca, é importante sublinhar que a vida útil "visual" é muito mais longa do que a vida útil "culinária". Por exemplo, no coentro o aroma declina depois de 10 dias, apesar de coentro poder ser comercializado durante 21 dias, sob algumas condições de armazenamento. No manjericão, o armazenamento em temperaturas de refrigeração reduz a qualidade do aroma.

Face ao exposto também no caso das plantas aromáticas se revela importante o poder "desenvolver" a embalagem e respetiva atmosfera interna para cada caso específico.

Conclusão

Com os exemplos descritos comprova-se que a embalagem sobre atmosfera modificada é eficiente para a manutenção da qualidade de produtos hortofrutícolas frescos ou minimamente processados.

Comprova-se também que a eficiência dos sistemas depende do tipo de produto.

Com a aplicação das inovações tecnológicas descritas, nomeadamente os equipamentos de medição de taxa de respiratória e microperfuração e "In situ" permite-se contornar constrangimentos, tais como o estado de maturação, época de colheita, e variações que alterem valores padrão de taxas de respiração e produção de etileno poderão ser controladas mais rapidamente podendo adequar o tipo de embalagem ao tipo de matéria-prima que se quer conservar.

Importante para os sectores da restauração, hotelaria e catering, onde os sistemas propostos poderão efetivamente contribuir para uma melhor gestão de recursos.

Como desvantagens poderemos considerar o investimento inicial do equipamento de embalagem, o espaço necessário à instalação e os custos de formação de pessoal para uma correta utilização.

Para a efetiva implementação da tecnologia proposta serão necessários estudos com o equipamento e adequação às condições existentes. Os referidos estudos serão efetuados no decorrer do projeto da iniciativa EUREKA proposto.

O projeto proposto na iniciativa EUREKA tem por base um consórcio de empresas que produzem a tecnologia e outras que a querem utilizar, ao nível da hotelaria e restauração.

BIBLIOGRAFIA

- <http://inventta.net/radar-inovacao/a-inovacao/>
- <http://eureka.adi.pt/index.php?cat=4&item=>
- Wiley, R.C.; Minimally processed refrigerated fruits and vegetables. New York: Chapman & Hall, 1994; p. 368.
- Watkins, Chris B.; NockNew, Jacqueline F.; Production Guide for Storage of Organic Fruits and Vegetables; New York State Department of Agriculture & Markets; 2012; p. 4 – 10.
- Rosen, J.; Kader, A.A.; Postharvest physiology and quality maintenance of slice pear and strawberry fruits. Journal of Food Science, Chicago, v.54, p.656-659; 1989
- Mathew, A.G.; Parpia, H. A. B.; Food browning as a polyphenoloxidase reaction; Advances in Food Research, San Diego, v.19, n.1; 1971; p. 75-145.
- Han, Jun H.; Inovations in Food Packaging; London, Elsevier Academic Press, 2005; p. 3-5.
- Reed, G., Underkofler, L.A.; Enzymes in food processing; New York : Academic Press, 1966; p. 483
- Eskin, N. A. N.; Biochemical changes in raw foods: fruits and vegetables. In: BIOCHEMISTRY of foods. San Diego : Academic Press; 1991; p.71-165.
- Aharoni, N.; Rodov, V.; Fallik, E.; Afek, V.; Modified atmosphere packaging for vegetable crops using high water-vapour-permeable films; In C.L. Wilson (Ed.); Intelligent and active packaging for fruits and vegetables; Boca Raton - Florida: CRC Press; 2007; p. 73-112.
- Kendra, Krishi; Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs; LWT - Food Science and Technology nº 43; 2010; p. 381–392

- Abeles, F. B.; Morgan, PW; Saltveit, ME; Ethylene in Plant Biology. 2nd edition. San Diego: Academic Press; 1992; p. 26 – 32.
- Schaller, G.E.; Ethylene and the regulation of plant development; BMC Biology ; 2012; p. 2-6
- Kader, A. A.; Post Harvest Technology of horticultural crops; University of California Agricultural and Natural resources, Publication 3311; Third Edition – 2002; Pag. 39.
- Adel A. Kader; Mango, Fuji Apple, Golden Apple, Honeydew; Herbs: Recommendations for Maintaining Postharvest Quality; *Department of Plant Sciences, University of California, Davis.*
http://postharvest.ucdavis.edu/produce_information/
- Fellows, P. J; Tecnologia do processamento de alimentos – Principio e prática; Artmed; 2006; p. 478 - 508
- Xiao, C.; Zhu, L.; Luo, W.; Song, X.; Deng, Y.; Combined action of pure oxygen pretreatment and chitosan coating incorporated with rosemary extracts on the quality of fresh-cut pears, Food Chem,(2010); p. 1003-1009.
- Hodges, D. M.; Toivonen P M A, Quality of fresh-cut fruits and vegetables as affected by exposure to abiotic stress, Postharvest Biol Technol; 2008; p. 155-162
- Ayala-Zavala, J. F.; Wang, S. Y.; Wang, C. Y.; González-Aguilar, G. A.; High oxygen treatment increases antioxidant capacity and postharvest life of strawberry fruit
Food Technol Biotechnol; 2007; p. 169-173.
- Allende, A.; Jacxsens, L.; Devlieghere, F.; Debevere, J.; Artés, F.; Effect of super atmospheric oxygen packaging on sensorial quality, spoilage, and *Listeria monocytogenes* and *Aeromonas caviae* growth in fresh processed mixed salads, J Food Prot; 2002; p. 1565-1573.
- Day B P F; Industry guidelines for high oxygen MAP of fresh prepared products, Acta Horti 599 – ISHS; 2003; p. 30
- Jacxsens, L.; Devlieghere F.; De Rudder, T; Debevere, J.; Designing equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut vegetables subjected to changes in temperature, LWT Food Sci Technol; 2000; p. 178-187.

- Angos, I.; Virseda, P.; Fernandez T; Control of respiration and colour modification on minimally processed potatoes by means of low and high O₂/CO₂ atmospheres, *Postharvest Biol Technol* (2008) 422-430.
- Siddiqui, W.; Chakraborty, I; Ayala-Zavala, J. F.; Dhua, R. S.; Advances in minimal processing of fruits and vegetables: a review; *Journal of Scientific & Industrial Research*; Vol. 70; October 2011, p. 823-834
- Larsen, H.; Liland, K.; Determination of O₂ and CO₂ transmission rate of whole packages and single perforations in micro-perforated packages for fruit and vegetables; *Journal of Food Engineering* 119; 2013; 271-276.
- Lucera, A.; Costa, C.; Mastromatteo, M.; Conte, A.; Del Nobile, M.A.; Fresh-cut broccoli florets shelf-life as affected by packaging film mass transport properties; *Journal of Food Engineering* 102; 2011; p. 122–129.
- Gonzalez, J.; Ferrer, A.; Oria, R.; Salvador, M.L.; Determination of O₂ and CO₂ transmission rates through microperforated films for modified atmosphere packaging of fresh fruit and vegetables; *Journal of Food Engineering* 86; 2008; p. 194– 201.
- Allan-Wojtas, P.; Forney, C.F.; Moyls, L.; Moreau, D.L.; Structure and gas transmission characteristics of microperforations in plastic films; *Packaging Technology and Science* 21; 2008; p. 217–229.
- Pesis, E.; Aharoni, D.; Aharon Z.; Bem-Arie, R.; Aharoni N.; Fuchs, Y; Modified atmosphere and modified humidity packaging alleviates chilling injury symptoms in mango fruit; *Postharvest Biology and technology* 19; Elsevier; 2000; p. 93-101.
- Marrero, A; Kader, Adel A.; Optima temperature and modified atmosphere for keeping quality of fresh cut Pineapples; *Postharvest Biology and Technology* 39; Elsevier; 2008; p. 163–168
- Montero-Calderón, M. *et al*, em "Effects of packaging conditions on quality and shelf life of fresh-cut pineapple; *Postharvest Biology and Technology* 50; Elsevier; 2008; p. 182–189
- Zhang, Bao-Yu, et al; Effect of atmospheres combining high oxygen and carbon dioxide levels on microbial spoilage and sensory quality of fresh-cut pineapple; *Post Harvest Biology and Technology* 86; Elsevier; 2013; P. 73 – 84.

- Giovanna O. Scifò; Cinzia L. Randazzo, *et al*; *Listeria innocua* growth in fresh cut mixed leafy salads packaged in modified atmosphere; Food Control; Elsevier; 2009; p. 611 – 617
- Antmann, G; Ares, G; Lema, P; Lareo, C; influence of modified atmosphere packaging on sensory quality of Shiitake Mushrooms; Postharvest Biology and Technology 49; Elsevier; 2008; 164-170.

ANEXOS

Anexo I	Proposta Eureka
Anexo II	Xtend Film
Anexo III	Mylar Film