



Curso de Mestrado em Ciências do Consumo Alimentar

**ESTUDO DE TAXAS DE RESPIRAÇÃO E DE FACTORES DE
QUALIDADE NA CONSERVAÇÃO DE MORANGO FRESCO**

(Fragaria x ananassa Duch.)

Sílvia Maria da Costa Azevedo

Janeiro, 2007



Curso de Mestrado em Ciências do Consumo Alimentar

ESTUDO DE TAXAS DE RESPIRAÇÃO

E DE FACTORES DE QUALIDADE NA CONSERVAÇÃO

DE MORANGO FRESCO (*FRAGARIA X ANANASSA DUCH.*)

Por

Sílvia Maria da Costa Azevedo

Dissertação apresentada como parte do material com vista à obtenção do grau de

Mestre

Universidade Aberta

Sob orientação de:

Doutor Luís Miguel Cunha, Professor Associado da Faculdade de Ciências, Universidade do Porto

Doutora Maria da Conceição Manso, Professora Associada da Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade Fernando Pessoa

Janeiro, 2007

AGRADECIMENTOS

À Fundação para a Ciência e a Tecnologia através do Sub-programa Ciência e Tecnologia (POCTI/AGR/48420/2002) pelo apoio financeiro para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus orientadores, Prof. Doutor Luís Miguel Cunha e Prof. Doutora Maria da Conceição Manso, pela sua contribuição, apoio e estímulo e, sem os quais não me teria sido possível desenvolver este trabalho.

À Universidade Aberta e à Prof. Doutora Ana Pinto de Moura, Coordenadora de Mestrado em Ciências do Consumo Alimentar, não só pelo profissionalismo com que conduziu este curso, como pela amizade que nos dedicou ao longo do mestrado.

À Casa Prudêncio pelo fornecimento de morangos e por me terem recebido sempre tão bem.

Ao Eng. Rui Costa Lima pela valiosa coordenação dos trabalhos de análise sensorial.

À mestre Fátima Poças, da Escola Superior de Biotecnologia UCP pela disponibilização das instalações do Centro de embalagem para o desenvolvimento dos primeiros ensaios e pelo apoio nos ensaios de EAM. Aos Técnicos e colaboradores do departamento de embalagem pela colaboração durante a execução do trabalho.

À Eng.^a Telma Delgado e Eng.^a Luísa Gil pela colaboração nos ensaios de Validação experimental.

Aos meus colegas pelas boas horas passadas durante esta etapa.

O meu reconhecimento aos meus pais, irmãos e restante família...pela coragem e pelo incondicional apoio nas fases mais difíceis. À Teresa, Henrique e João pelos deliciosos sorrisos...

Aos meus amigos, a todos... um abraço, pela amizade e incentivo nos momentos difíceis, pelo apoio nos momentos de decisão.

A minha gratidão a todos os que mostraram disponibilidade para ajudar no decorrer deste percurso.

Janeiro, 2007

RESUMO

O morango é um fruto muito apreciado pelo consumidor pelas suas características particulares como a cor, o odor e o sabor característicos. A elevada procura de morango de qualidade impulsiona o desenvolvimento de tecnologias para a manutenção da sua qualidade durante o maior período de tempo possível.

A alteração da atmosfera, bem como a diminuição da temperatura, têm um efeito directo na redução da taxa de respiração e, conseqüentemente, na manutenção da qualidade do produto.

O presente trabalho teve como objectivo avaliar a qualidade físico-química e sensorial de morangos de diferentes cultivares produzidas em Protecção Integrada (Commitment, Endurance, Ventana e Camarosa). Após selecção e classificação, os frutos foram analisados para os diferentes atributos de qualidade e, sujeitos a avaliação sensorial.

Os mesmos frutos foram mantidos sob condições de refrigeração (4 °C e humidade relativa elevada) durante 8 dias e avaliados diariamente quanto à perda de massa, firmeza, pH, acidez titulável, sólidos solúveis e teor de antocianinas totais.

Posteriormente avaliou-se também o efeito da temperatura, de diversas combinações de O₂ e CO₂ e do tempo na taxa de respiração de morangos frescos, com o objectivo de seleccionar as condições de armazenamento óptimo. Após a selecção da gama de temperatura e combinações gasosas óptimas procurou-se avaliar o efeito da utilização de filmes com diferentes permeabilidades na taxa de respiração e qualidade do morango

Relativamente à avaliação da qualidade das diferentes cultivares, foram encontradas diferenças para a maior parte dos atributos de qualidade, muito embora nenhuma das cultivares tenha sido eleita como preferida pelo painel sensorial. As novas cultivares

(Endurance e Commitment) foram mais valorizadas pelo seu sabor doce e pouco ácido e pela sua textura suculenta e menor rigidez.

Em relação ao armazenamento das mesmas cultivares, verificou-se que a temperatura de 4°C foi efectiva na manutenção da qualidade global dos frutos. Contudo, o tempo de armazenamento afectou atributos como a firmeza, os SST e a % de perda de peso.

Os ensaios de taxas respiração permitiram verificar a influência da temperatura e concentração gasosa, mas não do tempo. Independentemente da temperatura, a concentração de 5% O₂ induz condições anaeróbicas nos frutos. Para 10% O₂, com 15 ou 20 % CO₂ é possível diminuir as taxas de respiração de morangos

O QR do morango parece depender da concentração gasosa em O₂ e CO₂, mas não é dependente da temperatura, nem foi encontrada interacção entre combinação gasosa e temperatura.

Embora o sistema de EAM utilizado para a validação experimental fosse ineficaz, permitiu uma diminuição das perdas de água relativamente ao grupo controlo.

PALAVRAS-CHAVE

Tecnologia pós-colheita, Morango, Temperatura, Avaliação sensorial, Taxas de respiração, Embalagem em atmosfera modificada.

ABSTRACT

Strawberries are highly appreciated by consumers due to their unique characteristics such as colour, its characteristic odour and flavour.

Due to their high demand, there is the need to obtain post harvest technologies that maintains quality throughout shelf-life

The atmosphere modification and temperature decrease have a direct effect on respiration rate reduction and consequently on the maintenance of the quality of produce.

The present work was carried out aiming the evaluation of physico-chemical, and sensorial characteristics of several strawberry cultivars from organic cultivation. (Commitment, Endurance, Ventana e Camarosa).

After selection and classification, fruits were analyzed for quality attributes, subject to sensorial evaluation and kept under conditions of refrigeration (4 °C and high relative humidity) for 8 days.

Fruits were evaluated on a daily basis for mass loss, firmness, pH, titratable acidity, soluble solids and total anthocyanins content.

Later, the effect of the temperature, of several ranges of O₂ and CO₂, and time effect on the respiration rate of fresh strawberries were also evaluated. Following the selection of best marketing conditions, we looked to evaluate the effect of films with different permeability's in the respiration rate and quality of strawberry.

Regarding quality evaluation, differences were found for most of the attributes, although none of the varieties have been elected as preferred for the sensorial panel.

The new varieties (Endurance and Commitment) were valued due to its flavour, sweetness,

lower acidity and juiciness.

Regarding storage assays of those cultivars, it was observed that 4°C was effective in quality maintenance. However, storage time affected attributes, such as firmness, SST and weight loss.

Respiration rate assays indicated that, temperature, and gas composition affected respiration rate, but it wasn't found the time effect on respiration rate.

5 % O₂ induces anaerobic conditions in fruits. For 10% O₂, and 15 or 20 % CO₂ it is possible to reduce strawberries respiration rate.

Strawberry RQ is dependent on the O₂ and CO₂ content, but it is not temperature dependent.

Although MAP was ineffective, it allowed a reduction in water losses when compared to control group.

KEY WORDS

Postharvest technology, Strawberry, Temperature, Sensorial analysis, Respiration Rate. Modified atmosphere packaging

ÍNDICE

| | |
|---------------------------------------|-------|
| LISTA DE QUADROS..... | XVII |
| LISTA DE FIGURAS..... | XIX |
| LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS..... | XXIII |
| INTRODUÇÃO | 1 |

PARTE I

ENQUADRAMENTO TEÓRICO

| | |
|--|-----------|
| CAPÍTULO 1: ESTADO DA ARTE | 11 |
| 1.1 ASPECTOS GERAIS DE PRODUÇÃO E DE MORFOLOGIA DO MORANGUEIRO | 13 |
| 1.1.1 <i>Importância da cultura</i> | 13 |
| 1.1.2 <i>Origem e Morfologia</i> | 17 |
| 1.2 ASPECTOS GERAIS DA MATURAÇÃO DO MORANGO E RELAÇÕES COM A QUALIDADE | 18 |
| 1.2.1 <i>Regulação do processo de maturação</i> | 18 |
| 1.2.2 <i>Maturação de morangos</i> | 19 |
| 1.2.3 <i>Composição do fruto maduro e perfil nutricional</i> | 21 |
| 1.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE MORANGO FRESCO | 25 |
| 1.3.1 <i>Qualidade normativa</i> | 25 |
| 1.3.2 <i>Qualidade subjectiva</i> | 26 |
| 1.4 FACTORES QUE INFLUENCIAM A QUALIDADE E DETERIORAÇÃO DO FRUTO | 28 |
| 1.4.1 <i>INFLUÊNCIA DOS FACTORES PRÉ-COLHEITA NA QUALIDADE NORMATIVA</i> | 29 |
| 1.4.1.1 Fase de produção | 29 |
| a) Material genético | 29 |
| b) Factores climáticos | 30 |
| c) Instalação da cultura e práticas culturais | 30 |
| d) Modo de produção | 31 |
| 1.4.1.2 Gestão da colheita | 32 |
| a) Estado de maturação | 32 |
| b) Método de Colheita | 32 |
| 1.5 INFLUÊNCIA DOS FACTORES PÓS-COLHEITA NA RETENÇÃO DA QUALIDADE DE MORANGO FRESCO..... | 33 |
| 1.5.1 <i>Factores Pós-colheita</i> | 33 |
| 1.5.1.1 Factores fisiológicos | 33 |
| a) Respiração | 33 |

| | | |
|---------|--|----|
| b) | Transpiração | 36 |
| 1.5.1.2 | Factores ambientais | 36 |
| a) | Temperatura e humidade relativa | 37 |
| b) | Composição atmosférica..... | 37 |
| c) | Resposta ao etileno | 37 |
| 1.5.1.3 | Outros factores | 38 |
| a) | Produção de etileno | 38 |
| b) | Contaminações..... | 38 |
| 1.6 | MANUSEAMENTO E CONSERVAÇÃO DE MORANGO FRESCO | 39 |
| 1.6.1 | <i>Pré-arrefecimento</i> | 39 |
| 1.6.2 | <i>Embalagem</i> | 40 |
| 1.6.3 | <i>Métodos de Conservação</i> | 42 |
| 1.6.3.1 | Gestão da temperatura e da humidade relativa: efeitos da duração do armazenamento | 42 |
| 1.6.3.2 | Modificação da atmosfera (AC ou EAM) | 43 |
| 1.6.4 | <i>Outros tratamentos</i> | 49 |
| 1.6.4.1 | EAM não convencional | 49 |
| 1.6.4.2 | Revestimentos comestíveis | 50 |
| 1.6.4.3 | Tratamentos com cálcio | 51 |
| 1.6.4.4 | Tratamentos térmicos | 51 |
| 1.6.4.5 | Tratamentos com irradiação | 53 |

PARTE II

DESENVOLVIMENTO EXPERIMENTAL

CAPÍTULO 2: AVALIAÇÃO SENSORIAL E COMPARAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE DIFERENTES CULTIVARES DE MORANGO PRODUZIDAS EM PROTECÇÃO INTEGRADA

| | | |
|---------|---|----|
| 2.1 | INTRODUÇÃO | 61 |
| 2.2 | MATERIAL E MÉTODOS | 62 |
| 2.2.1 | <i>Preparação dos frutos</i> | 62 |
| 2.2.2 | <i>Avaliação instrumental da qualidade</i> | 63 |
| 2.2.2.1 | Cor e textura | 63 |
| 2.2.2.2 | Sólidos solúveis totais, pH e acidez titulável | 63 |
| 2.2.2.3 | Conteúdo em Antocianinas | 64 |
| 2.2.3 | <i>Avaliação Sensorial da qualidade</i> | 64 |
| 2.2.3.1 | Painel | 64 |
| 2.2.3.2 | Área de teste | 65 |
| 2.2.3.3 | Apresentação da amostra | 65 |
| 2.2.4 | <i>Análise estatística</i> | 66 |
| 2.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 66 |
| 2.3.1 | <i>Avaliação instrumental da qualidade</i> | 66 |

| | | |
|--|---|-----------|
| 2.3.2 | <i>Avaliação sensorial</i> | 70 |
| 2.3.3 | <i>Correlação entre avaliação instrumental e sensorial</i> | 73 |
| 2.4 | CONCLUSÕES | 77 |
| CAPÍTULO 3: ARMAZENAMENTO E EVOLUÇÃO DE DIFERENTES CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE QUATRO CULTIVARES DE MORANGO PRODUZIDAS EM PROTECÇÃO INTEGRADA | | 79 |
| 3.1 | INTRODUÇÃO | 81 |
| 3.2 | MATERIAL E MÉTODOS | 82 |
| 3.2.1 | <i>Preparação dos frutos e condições de armazenamento</i> | 82 |
| 3.2.2 | <i>Avaliação instrumental da qualidade</i> | 82 |
| 3.2.3 | <i>Análise estatística</i> | 82 |
| 3.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 83 |
| 3.3.1 | <i>Aparência</i> | 83 |
| 3.3.2 | <i>Textura</i> | 83 |
| 3.3.3 | <i>Sólidos solúveis totais, acidez titulável e pH</i> | 87 |
| 3.3.4 | <i>Conteúdo em Antocianinas</i> | 93 |
| 3.3.5 | <i>Perda de peso</i> | 95 |
| 3.4 | CONCLUSÕES | 97 |
| CAPÍTULO 4: ANÁLISE DO EFEITO DA TEMPERATURA E DO TEMPO NA TAXA DE RESPIRAÇÃO DE MORANGO FRESCO | | 99 |
| 4.1 | INTRODUÇÃO | 101 |
| 4.2 | MATERIAL E MÉTODOS | 102 |
| 4.2.1 | <i>Preparação dos frutos</i> | 102 |
| 4.2.2 | <i>Medição da Evolução de O₂ e CO₂ em sistema fechado</i> | 102 |
| 4.2.3 | <i>Cálculo das Taxas de Respiração</i> | 104 |
| 4.2.4 | <i>Análise Estatística dos Dados</i> | 104 |
| 4.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 105 |
| 4.3.1 | <i>Efeito da temperatura</i> | 105 |
| a) | <i>Camarosa</i> | 105 |
| b) | <i>Ventana</i> | 106 |
| 4.3.2 | <i>Efeito do tempo</i> | 108 |
| a) | <i>Camarosa</i> | 108 |
| b) | <i>Ventana</i> | 110 |
| 4.4 | CONCLUSÕES | 111 |

CAPÍTULO 5: ANÁLISE DO EFEITO DA TEMPERATURA E DA CONCENTRAÇÃO GASOSA NA TAXA DE RESPIRAÇÃO DE MORANGO FRESCO 113

| | | |
|-------|---|-----|
| 5.1 | INTRODUÇÃO | 115 |
| 5.2 | MATERIAL E MÉTODOS | 116 |
| 5.2.1 | <i>Preparação dos frutos</i> | 116 |
| 5.2.2 | <i>Medição da Evolução de O₂ e CO₂ em sistema fechado</i> | 116 |
| 5.2.3 | <i>Cálculo das Taxas de Respiração</i> | 117 |
| 5.2.4 | <i>Análise Estatística dos Dados</i> | 117 |
| 5.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 118 |
| 5.4 | CONCLUSÕES | 121 |

CAPÍTULO 6: VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DE EAM..... 123

| | | |
|-------|--|-----|
| 6.1 | INTRODUÇÃO | 125 |
| 6.2 | MATERIAL E MÉTODOS | 125 |
| 6.2.1 | <i>Preparação dos frutos e da embalagem</i> | 125 |
| 6.2.2 | <i>Medição da Evolução de O₂ e CO₂, textura, perda de peso</i> | 127 |
| 6.2.3 | <i>Análise Estatística dos Dados</i> | 128 |
| 6.3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 128 |
| 6.4 | CONCLUSÕES | 131 |

Parte III

CAPÍTULO 7: CONCLUSÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO 135

LISTA DE PUBLICAÇÕES E COMUNICAÇÕES ELABORADAS COM BASE NO TRABALHO DESENVOLVIDO..... 141

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 145

ANEXOS..... 177

| | |
|--|-----|
| ANEXO 1: Ficha de avaliação sensorial utilizada na avaliação de morango fresco. | 179 |
|--|-----|

ANEXO 2: Ficha de avaliação sensorial utilizada na avaliação de morango fresco 180

ANEXO 3: Resultados das análises estatísticas efectuadas..... 181

LISTA DE QUADROS

| | |
|--|-----|
| QUADRO 1: Composição química e nutricional do morango..... | 23 |
| QUADRO 2: Atributos de qualidade de morango fresco..... | 26 |
| QUADRO 3: Exemplos de taxa de respiração de morangos sob diferentes condições..... | 35 |
| QUADRO 4: Parâmetros físico-químicos (média (\pm DP)) para as diferentes cultivares de morango. | 68 |
| QUADRO 5: Valores da média (\pm desvio-padrão) dos atributos classificados na análise sensorial para as diferentes cultivares de morango. | 72 |
| QUADRO 6: Avaliação da associação entre os resultados de avaliação sensorial e as medidas quantificadas de forma físico-química através do coeficiente de correlação de Pearson e respectivos valores de prova [r (p)], para as quatro cultivares de morango..... | 74 |
| QUADRO 7: Valores de força máxima (kg) obtidos para medida de firmeza externa e interna de morangos de cultivares, armazenados a 4°C até 8 dias. São apresentados os valores das médias das observações (15 observações para o lado externo e 30 para o interno), e respectivo desvio padrão..... | 84 |
| QUADRO 8: Valores de SST (°Brix), AT (g ácido cítrico /100 g peso fresco) e pH obtidos para morangos de 4 cultivares, armazenados a 4°C até 9 dias. São apresentados os valores das médias de 4 observações de SST, 3 observações de AT e pH, para cada cultivar e tempo, e respectivo desvio padrão..... | 88 |
| QUADRO 9: Valores de concentração de Antocianinas (μ mol/kg) obtidos para morangos de 4 cultivares, armazenados a 4°C até 8 dias. São apresentados os valores das médias das 4 observações para cada cultivar e tempo, e respectivo desvio padrão..... | 95 |
| QUADRO 10: Valores de perda de peso (%) obtidos para morangos de 4 cultivares, armazenados a 4°C até 9 dias. São apresentados os valores das médias das 3 observações para cada cultivar e tempo, e respectivo desvio padrão. | 96 |
| QUADRO 11: Valores de taxa de respiração (mL/kg/h) obtida para morango da cultivar Camarosa, a diferentes temperaturas (°C)..... | 106 |

| | |
|---|-----|
| QUADRO 12: Valores de taxa de respiração (mL/kg/h) obtida para morango da cultivar Ventana, a diferentes temperaturas (°C)..... | 107 |
| QUADRO 13: Valores da média da taxa de respiração (\pm desvio padrão) medida para o consumo de O ₂ e produção de CO ₂ (mL/kg/h) e respectivos quocientes respiratórios para as diferentes combinações de temperatura / atmosfera gasosa. | 120 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1: Representação esquemática da estrutura da dissertação. | 8 |
| FIGURA 2: Evolução da produção mundial de morango (em milhares de toneladas)..... | 13 |
| FIGURA 3: Principais produtores mundiais de morango e respectivas produções (em milhares de toneladas) em 2006. | 14 |
| FIGURA 4: Países europeus produtores de morango e respectivas produções (em milhares de toneladas) em 2006. a cor escura representam-se países da ue, e a cor clara outros países europeus. a albânia, malta e a islândia não constam por não serem produtores deste fruto. fonte: faostat, 2007..... | 15 |
| FIGURA 5: Evolução da produção nacional de morango (toneladas) nos últimos 45 anos..... | 16 |
| FIGURA 6: Morfologia do fruto..... | 18 |
| FIGURA 7: Estádios de desenvolvimento de morangos..... | 20 |
| FIGURA 8: Imagem de algumas cultivares de morangos semelhantes às recolhidas para a presente experiência. | 62 |
| FIGURA 9: Morangos apresentados para avaliação sensorial: a) Commitment (código: 325), b) Endurance (código: 553), c) Ventana (código: 932), d) Camarosa (código: 994). | 65 |
| FIGURA 10: Aspecto do tabuleiro de prova fornecido aos provadores do painel. | 65 |
| FIGURA 11: Valores da média dos atributos classificados na análise sensorial efectuada para as diferentes cultivares de morango. | 71 |
| FIGURA 12: Correlação entre os valores de análise sensorial e a avaliação instrumental de morangos. os pontos representam a média dos valores experimentais e as barras representam o intervalo de confiança a 95%, para as cultivares: (●) commitment (○) endurance, (□) ventana e (■) camarosa. | 75 |
| FIGURA 13: Correlação entre a preferência global e a avaliação instrumental de morangos. os pontos representam os valores experimentais (média ± i. c. 95%) para as cultivares: (●) commitment (○) endurance, (□) ventana e (■) camarosa..... | 76 |

| | |
|--|-----|
| FIGURA 14: Aspecto dos morangos das cultivares armazenadas a 4 °c no oitavo dia de armazenamento: a) commitement, b) endurance, c) ventana, e d) camarosa..... | 83 |
| FIGURA 15: Alterações na firmeza externa (média ± ic 95%) das 4 cultivares de morango durante o armazenamento a 4°C: a) commitment, b) endurance, c) ventana, e d) camarosa..... | 85 |
| FIGURA 16: Alterações na firmeza interna (média ± ic 95%) das 4 cultivares de morango durante o armazenamento a 4°C: a) commitment, b) endurance, c) ventana, e d) camarosa..... | 86 |
| FIGURA 17: Alterações no teor de SST (média ± ic 95%) das 4 cultivares de morango durante o armazenamento a 4°C: a) commitment, b) endurance, c) ventana, e d) camarosa..... | 89 |
| FIGURA 18: Alterações no teor de AT (média ± ic 95%) das 4 cultivares de morango durante o armazenamento a 4°C: a) commitment, b) endurance, c) ventana, e d) camarosa..... | 90 |
| FIGURA 19: Alterações no pH (média ± ic 95%) das 4 cultivares de morango durante o armazenamento a 4°C: a) commitment, b) endurance, c) ventana, e d) camarosa..... | 91 |
| FIGURA 20: Alterações da razão açúcar/ácido (média ± ic 95%) das 4 cultivares de morango durante o armazenamento a 4°C: a) commitment, b) endurance, c) ventana, e d) camarosa. ... | 92 |
| FIGURA 21: Alterações na concentração de antocianinas (média ± ic 95%) das 4 cultivares durante o armazenamento a 4°C: a) commitment, b) endurance, c) ventana, e d) camarosa..... | 94 |
| FIGURA 22: Perda de peso (%) (média ± ic 95%) das 4 cultivares durante o armazenamento a 4°C: a) commitment, b) endurance, c) ventana, e d) camarosa..... | 96 |
| FIGURA 23: Frascos para a medição de taxas respiratórias colocados dentro da câmara de armazenamento. | 103 |
| FIGURA 24: Medição da concentração em oxigénio e dióxido de carbono em sistema fechado. ... | 103 |
| FIGURA 25: Efeito da temperatura nas taxas de respiração (em termos de O ₂ e CO ₂) para morangos da cultivar camarosa. o símbolo ● representa a média das observações e as barras representam o intervalo de confiança a 95%. | 105 |
| FIGURA 26: Efeito da temperatura nas taxas de respiração (em termos de O ₂ e CO ₂) para morangos da cultivar ventana. o símbolo ● representa a média das observações e as barras representam o intervalo de confiança a 95%. | 107 |

FIGURA 27: Evolução da taxa de respiração em termos de O_2 e CO_2 para morangos da cultivar camarosa armazenados a: a) 20°C; b) 16°C; c) 12°C; d) 8°C; e) 4°C. o símbolo (○) representa a média das observações e a barra representa o erro padrão..... 109

FIGURA 28: Evolução da taxa de respiração em termos de O_2 e CO_2 para morangos da cultivar ventana, à temperatura de 12°C..... 111

FIGURA 29: Sistema de enchimento de frascos para a medição de taxas de respiração sob efeito de misturas gasosas de composição conhecida..... 117

FIGURA 30: Taxas de respiração (RO_2 e RCO_2) medidas em diferentes combinações gasosas e temperaturas..... 119

FIGURA 31: Aspecto das embalagens utilizadas: a) controlo, b) embalagem com filme P1, c) embalagem com filme P2..... 127

FIGURA 32: Evolução da composição gasosa (%) de (■) O_2 e (□) CO_2 , durante o armazenamento a 4°C: a) na embalagem filme de menor permeabilidade (p1) e, b) de maior permeabilidade (p2). a zona de composição óptima em O_2 é destacada a diagonal enquanto que a zona de composição óptima em CO_2 é destacada com um ponteados..... 129

FIGURA 33: Evolução da perda de peso (%) de (■) controlo, (●) embalagem/filme de menor permeabilidade (P1), e (○) embalagem/filme de de maior permeabilidade (P2) durante o armazenamento a 4°C. as barras verticais representam o desvio padrão. 130

FIGURA 34: Força máxima (n) avaliada no (■) controlo, (●) embalagem/filme de menor permeabilidade (P1), e (○) embalagem/filme de de maior permeabilidade (P2) durante o armazenamento a 4°C..... 131

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

SÍMBOLOS

| Símbolo | Descrição | Unidade |
|------------------------|--|--|
| a | Cromaticidade no eixo verde – vermelho | Adimensional |
| b | Cromaticidade no eixo azul – amarelo | Adimensional |
| L | Luminosidade | Adimensional |
| M | Massa do produto | kg |
| P | Permeabilidade da embalagem | cm ³ /metro linear/dia/atm. |
| Q₁₀ | Aumento da taxa de respiração por cada 10° de aumento na temperatura | Adimensional |
| R | Taxa de respiração | mL.kg ⁻¹ .h ⁻¹ |
| RO₂ | Taxa de respiração estimada pelo oxigénio consumido | mL.kg ⁻¹ .h ⁻¹ |
| RCO₂ | Taxa de respiração estimada pelo dióxido carbono | mL.kg ⁻¹ .h ⁻¹ |
| RQ | Quociente respiratório | Adimensional |
| t | Tempo | s, min., h, dias |
| T | Temperatura | °C |
| V | Volume livre | mL.kg ⁻¹ .h ⁻¹ |
| yO₂ | Concentração volumétrica de O ₂ | % v/v, v/v |
| yCO₂ | Concentração volumétrica de CO ₂ | % v/v, v/v |
| Δt | Intervalo de tempo | min. |

ABREVIATURAS

AA Ácido ascórbico

| | |
|-----------------------------------|-------------------------|
| 55 | Acidez titulável |
| AT | |
| AM | Atmosfera modificada |
| AC | Atmosfera controlada |
| ANOVA | Análise de variância |
| C₂H₄ | Etileno |
| CO₂ | Dióxido de carbono |
| PP | Polipropileno |
| LSD | Least square difference |
| n | Número |
| NA | Não analisado |
| O₂ | Oxigênio |
| p | Nível de significância |
| QR | Quociente Respiratório |
| DP | Desvio padrão |
| UE | União Europeia |
| SST | Sólidos solúveis totais |
| uv | Ultra violeta |
| IV | Infra-vermelhos |
| MM | Massa Molar |

INTRODUÇÃO

Os últimos anos são assinalados por significativas alterações sócio-culturais, entre as quais se destacam constantes variações dos padrões de consumo alimentar (Bruhn, 1998).

De facto, nas últimas décadas, verificou-se um aumento na procura de frutos e vegetais frescos como consequência do maior interesse por parte dos consumidores, numa dieta mais saudável constituída essencialmente por alimentos naturais e menos processados (Southon, 2000; Kader, 2002; Southon e Faulks 2002). A reflectir esta tendência, verifica-se uma diminuição da quota de mercado dos produtos enlatados (Labuza e Breene, 1989).

Os frutos e vegetais são importantes numa dieta saudável e balanceada, fornecendo vitaminas essenciais, proteínas, minerais e fibra. Possuem ainda compostos reconhecidos como benéficos, tais como os oxidantes.

O consumidor actual, exigente e conhecedor, destaca a qualidade como principal factor de motivação para a procura e compra de produtos hortofrutícolas (Ragaert *et al.*, 2004).

Contudo, após a colheita, os produtos horto frutícolas deterioram-se gradual e irreversivelmente, resultado do seu natural metabolismo, danos mecânicos e perda de água entre outros (Kader, 1986; Kader, 1989).

O mercado nacional de produtos hortofrutícolas frescos possui, de facto características particulares. Assinalam-se elevadas perdas ao longo da fileira que podem ocorrer em qualquer ponto da cadeia desde a colheita até ao consumo, acarretando impactos negativos óbvios ao condicionar a quantidade e a qualidade dos produtos que chegam ao consumidor. De acordo com dados da FAO (Kader e Rolle, 2004), cerca de $\frac{1}{3}$ das culturas produzidas em todo o mundo não chegam ao consumidor.

O interesse económico associado a estas perdas e a crescente exigência de produtos com elevados níveis de qualidade têm levado a uma melhoria significativa nas técnicas pós-colheita. A realização de um conjunto de boas práticas no período pós-colheita para frutos frescos encerra diversas vantagens. Por um lado, permite manter a qualidade e a vida útil do produto através da fileira alimentar, aumentando dessa forma o seu valor comercial. Este aspecto assume particular importância quando se considera que na maior parte dos casos existe uma grande distância entre os sítios de produção e os pontos de venda e que as cadeias de distribuição de produtos frescos podem ser muito complexas. Por outro lado, ocorre cada vez mais uma constante extensão do período de produção e comercialização de uma determinada cultura.

A esta questão, acresce ainda outra, cada vez mais importante e que está directamente relacionada: a da segurança alimentar. Estas questões, indissociáveis dos problemas com os resíduos de pesticidas, conduzem a que se tentem encontrar novas formas de tratamento para este tipo de produtos.

Se considerarmos ainda os recentes trabalhos que demonstram que a colheita de produtos em estados mais avançados do amadurecimento é eleita pelos consumidores por possuírem maior qualidade sensorial, compreende-se a necessidade que existe na produção de frutos com a aparência e a produtividade capaz de proporcionar uma actividade rentável.

Uma das técnicas universalmente aceite para manter a qualidade pós-colheita e estender a vida útil dos produtos hortofrutícolas consiste em manter os produtos continuamente a baixas temperaturas. Em geral, a correcta gestão da temperatura é fundamental para optimização da qualidade dos diferentes produtos, sendo, no entanto raras vezes conseguido durante a toda a fase pós-colheita. A falta de rigor na gestão de temperatura é também um dos grandes problemas da fileira actual.

Desta abordagem, surge a necessidade de desenvolvimento de tecnologias pós-colheita, que complementadas com as técnicas de refrigeração, permitam aumentar a vida útil, sem detrimento das características de qualidade esperadas pelo consumidor.

A utilização de tecnologias de conservação baseadas na alteração da atmosfera envolvente tem aumentado nas últimas décadas, à medida que os consumidores exigem menos tratamentos e menos extensivos. A utilização da embalagem em atmosfera modificada (EAM) na preservação pós-colheita de produtos hortícolas tem sido reconhecida como uma importante tecnologia para reduzir perdas, manter a qualidade e estender o tempo de vida útil ao longo do sistema de distribuição (Kader *et al.*, 1989).

Mais recentemente, assiste-se ao aparecimento de outras tecnologias, que combinadas com a embalagem em atmosfera modificada garantem uma optimização na vida útil e na qualidade destes produtos. As novas técnicas de atmosfera modificada, os tratamentos térmicos, os tratamentos por aplicação de ozono, os pulsos de luz, as radiações UV, as radiações gama têm sido recentemente propostas como meio de reduzir a contaminação microbiana e prolongar a vida útil em produtos hortofrutícolas.

O morango (*Fragaria*×*ananassa* Duch.) é uma das frutas mais apreciadas pelos consumidores em diversas regiões do mundo e destaca-se pela sua cor, aroma, sabor e versatilidade na culinária e gastronomia. Por esta razão, é muito procurado tanto para consumo *in natura* quanto para processamento industrial.

No entanto, este fruto figura entre as espécies com maior sensibilidade a pragas e doenças e é muito perecível. O seu tempo de prateleira pode ser inferior a uma semana (Wills *et al.*, 1998) como resultado da sua morfologia e da intensa actividade fisiológica que possuem.

Dada a importância económica que a cultura possui, torna-se de fundamental importância, desenvolver técnicas que permitam o transporte e o armazenamento dos morangos por períodos mais longos.

Para o prolongamento da vida útil e retenção da qualidade actua-se tanto a nível intrínseco, pela selecção de cultivares que se apresentam mais adequadas, como a nível extrínseco, pela aplicação de tratamentos e controlo das condições de armazenamento.

Das tecnologias actualmente disponíveis para o aperfeiçoamento das condições de conservação do morango destaca-se o desenvolvimento de embalagens apropriadas. A utilização de EAM em associação com temperaturas de refrigeração pode ser benéfica para o transporte e/ou armazenamento de morango.

Os morangos exigem uma atmosfera (elevadas concentrações de CO₂ e baixas concentrações de O₂) que não é fácil de obter com os materiais poliméricos actualmente disponíveis. Estes materiais têm demonstrado possuir algumas limitações em termos das suas características de estrutura e de permeabilidade. Este problema tem sido levado ao desenvolvimento de novos materiais e sistemas de embalagem, entre os quais se destacam a embalagem microperfurada.

Os objectivos gerais deste trabalho incluíram:

- A caracterização físico-química e sensorial e determinação de taxas de respiração de diferentes cultivares de morango produzidas em Protecção Integrada;
- O estudo da evolução/manutenção de diferentes características da qualidade ao longo do processo de conservação.
- O estudo da influência da temperatura e do tempo nas taxas de respiração de morango fresco, com vista ao desenvolvimento de uma EAM.

- O estudo da influência da temperatura e da composição gasosa, distinta do ar, nas taxas de respiração de morango fresco, com vista ao desenvolvimento de uma EAM.

Esta tese está estruturada em 3 partes e 7 capítulos (Figura 1).

A primeira parte (capítulo 1) é devotada à revisão bibliográfica da conservação pós-colheita de hortofrutícolas, nomeadamente do morango, embalagem em atmosfera modificada (EAM) e factores que influenciam o seu design.

A segunda parte está relacionada com o desenvolvimento do trabalho e é, genericamente subdividida em três tópicos:

- i) Caracterização inicial de quatro cultivares de morango de produção integrada, e comparação dos resultados físico-químicos (instrumentais) com os resultados de avaliação sensorial, assim como comparação da evolução destas cultivares quando armazenadas em condições ditas óptimas de temperatura e humidade relativa (capítulos 2 e 3);
- ii) Avaliação do efeito do tempo, da temperatura e da composição gasosa que rodeia o fruto, na taxa de respiração de morango (capítulos 4 e 5);
- iii) Ensaio de validação de um sistema em EAM para morango (capítulo 6).

A terceira parte sumaria as conclusões gerais e apresenta sugestões para trabalho futuro.

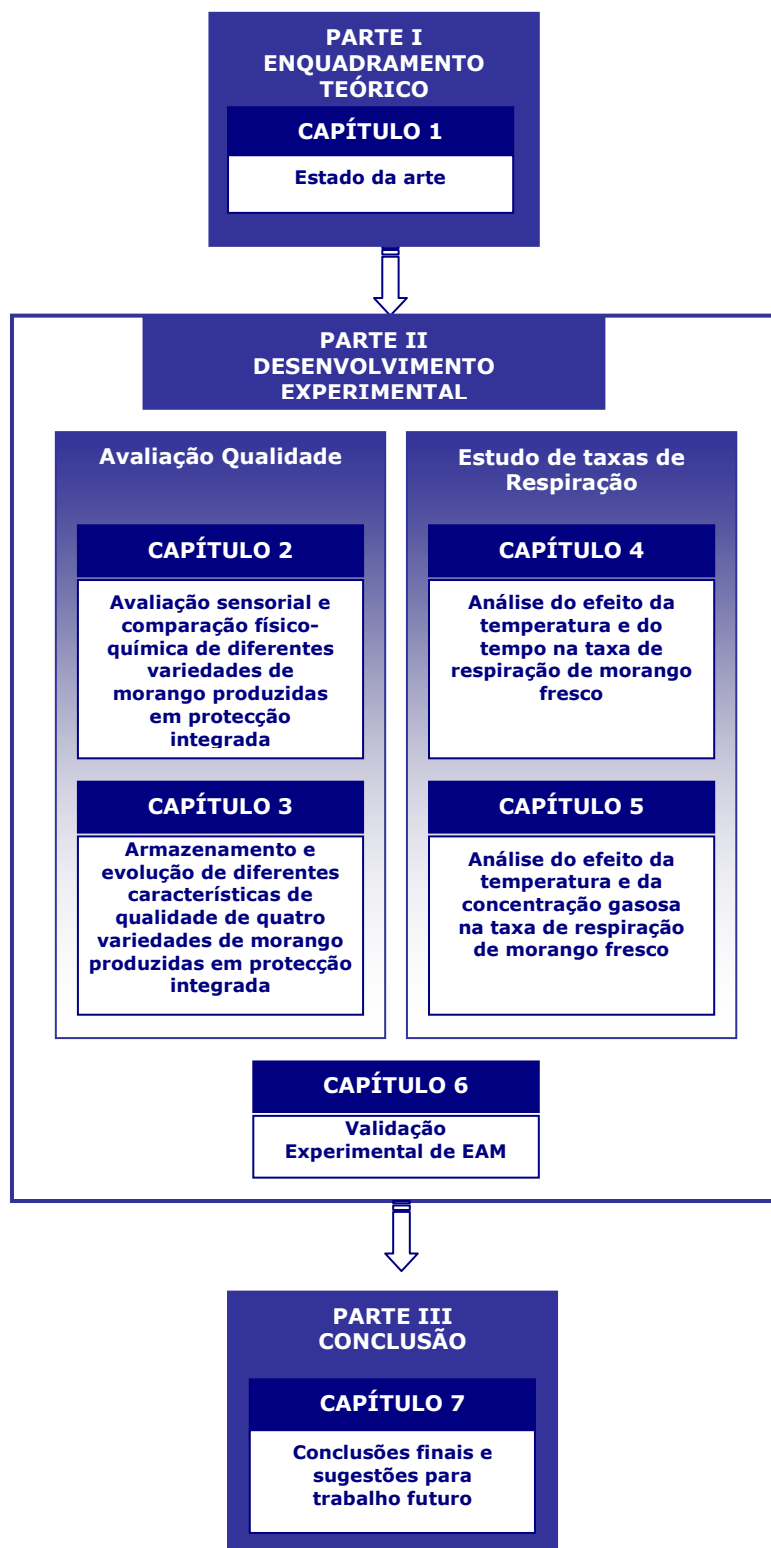


Figura 1: Representação esquemática da estrutura da dissertação.

| | |
|-------|---|
| Parte | I |
|-------|---|

Enquadramento teórico

Capítulo 1

ESTADO DA ARTE

Este capítulo apresenta uma visão geral dos diversos e diferentes aspectos relevantes relacionados com o morango, a sua morfo -fisiologia, qualidade e os factores que a influenciam, a sua importância económica, bem como todas as tecnologias actualmente disponíveis para minimizar as perdas pós-colheita.

1.1 Aspectos gerais de produção e de morfologia do morangueiro

1.1.1 Importância da cultura

O morango é um fruto muito precíval que até à década de 80 do século XX era considerado como um fruto de época. No entanto, para além de ser um fruto visualmente apelativo e muito agradável do ponto de vista sensorial, é culinariamente versátil e a exigência de mercado fez aumentar a sua procura fora da época habitualmente considerada para a sua comercialização.

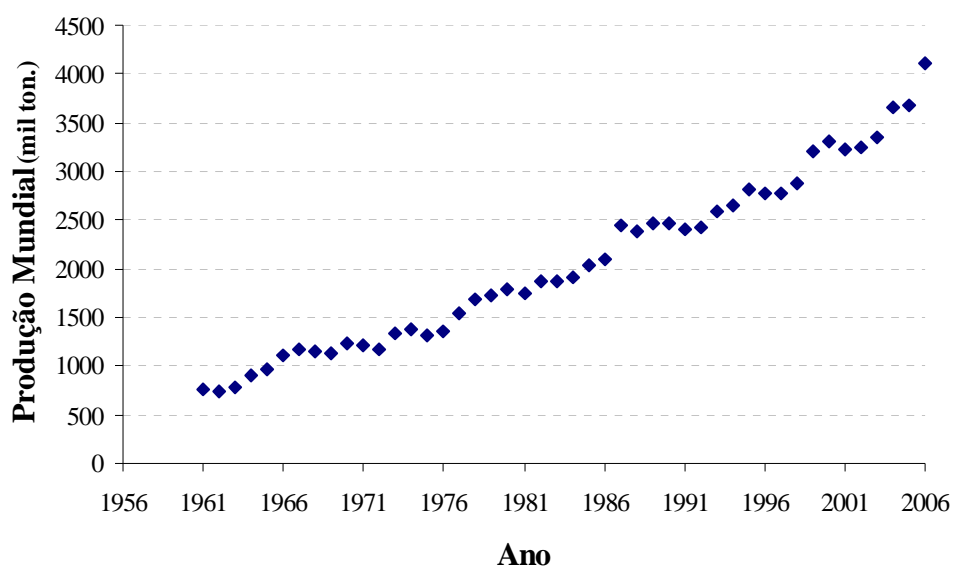


Figura 2: Evolução da produção mundial de morango (em milhares de toneladas).

Fonte: FAOSTAT, 2007.

Em 2006, a produção mundial de morango estimava-se em cerca de 4106.670 toneladas (ton.), ocupando uma área total de 271.780 hectares (ha) (FAOSTAT, 2007).

Quando se analisa a evolução da produção mundial dos últimos 45 anos (Figura 2), pode observar-se que tem aumentado de uma forma contínua. Efectivamente, o morangueiro é uma planta difundida em todo o mundo.

Internacionalmente, os Estados Unidos da América lideram o quadro de produção deste fruto (INE, 2004; FAOSTAT, 2007). A Europa transformou-se num dos principais produtores mundiais (1373.878 ton. em 2006) (Figura 3), contribuindo com cerca de 33 % da produção mundial total, e os 27 países da União Europeia (UE) com cerca de 28% cerca de (correspondendo a 1148.332 ton. em 2006). A produção europeia é liderada pela Espanha, com uma produção para o ano de 2006 de 333,5 mil toneladas (FAOSTAT, 2007), seguida da Rússia (Federação de estados Russos) com 217 mil toneladas, da Polónia com 193,7 mil toneladas e da Alemanha com 173,2 mil toneladas. Dos países integrantes da UE, os maiores produtores são a Espanha, a Polónia, a Alemanha, a Itália, o Reino Unido e a França, que produzem, em conjunto, 951, 5 mil toneladas (Figura 4).

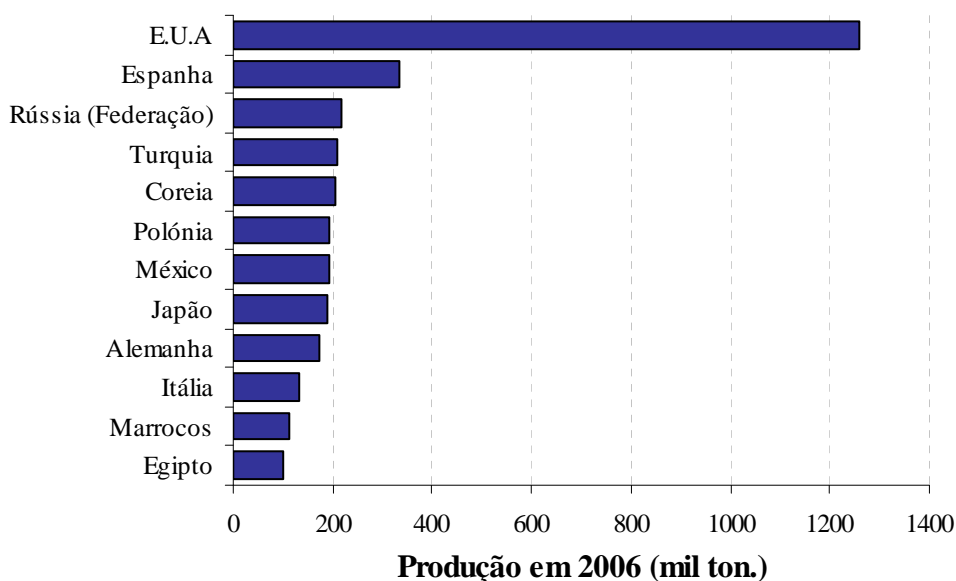


Figura 3: Principais produtores mundiais de morango e respectivas produções (em milhares de toneladas) em 2006.

Fonte: FAOSTAT, 2007.

Em Portugal, a produção e comercialização de morango efectua-se durante todo o ano, graças à utilização de cultivares com produções escalonadas. Reconhecem-se duas grandes épocas de colheita: de Abril a Junho, e de Setembro a Novembro, com pico de

produção durante o mês de Abril. A gama de cultivares utilizadas é relativamente restrita com predomínio da cultivar *Camarosa*, muito embora se possam também encontrar as seguintes cultivares: *Oso Grande*, *Selva*, *Tudla*, *Seascape*, *Irvine*, *Fern* e *Diamante*. Em cultura protegida é utilizada a cultivar *Irvine*, cuja vantagem é a de antecipar a época de produção. As zonas de produção intensiva distribuem-se pelo Ribatejo e Oeste (produção de primavera: Abril a Junho) e ainda o Alentejo e Algarve (morango precoce: Janeiro a Abril, e Setembro a Novembro).

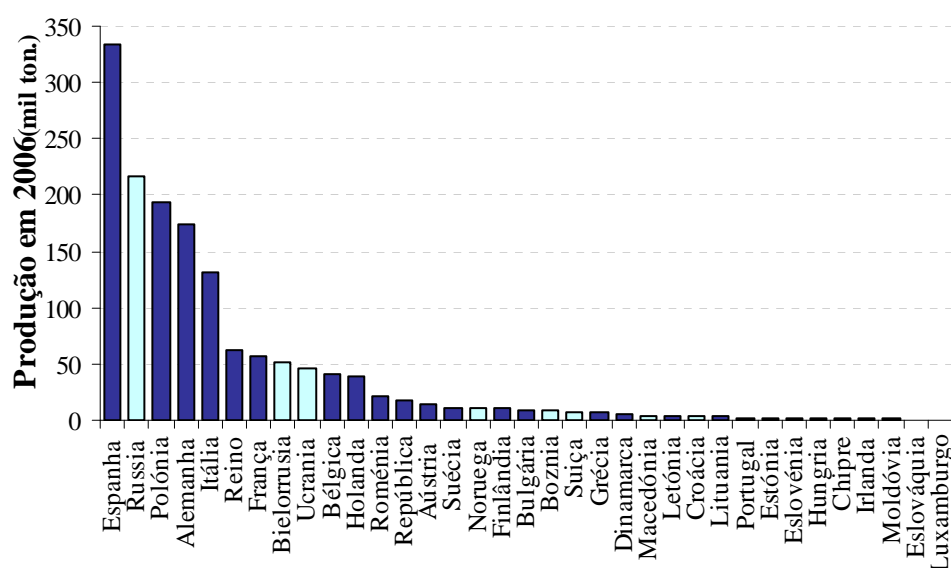


Figura 4: Países europeus produtores de morango e respectivas produções (em milhares de toneladas) em 2006. A cor escura representam-se países da UE, e a cor clara outros países europeus. A Albânia, Malta e a Islândia não constam por não serem produtores deste fruto. Fonte: FAOSTAT, 2007.

Em Portugal, em 2006 produziram-se 2500 toneladas de morango (Figura 5). Relativamente ao ano anterior, verifica-se uma estabilização na oferta de morango, resultado de um ligeiro decréscimo de produtividade devido a condições climáticas adversas, embora tenha ocorrido um ligeiro aumento da área plantada na zona do Ribatejo e Trás-os-Montes (INE, 2004; FAOSTAT, 2007).

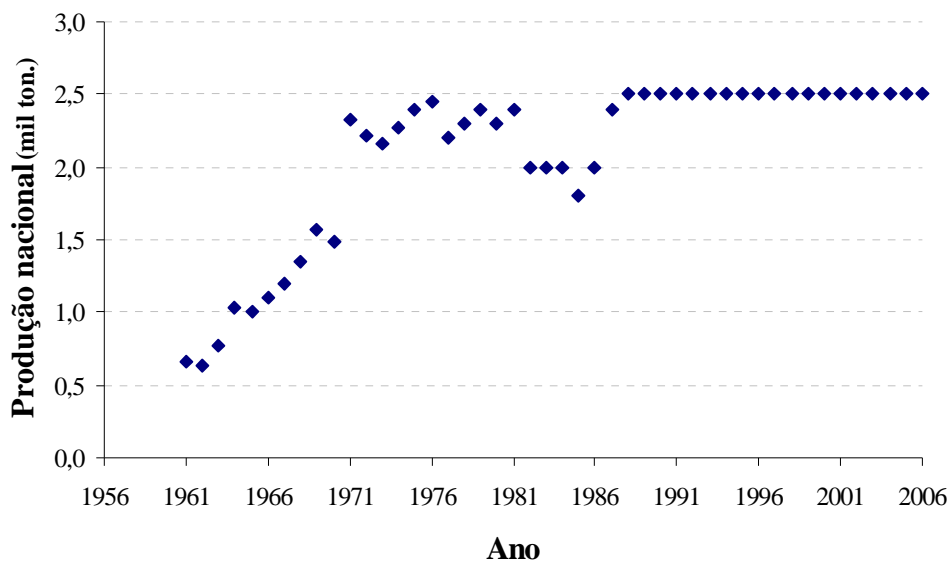


Figura 5: Evolução da produção nacional de morango (toneladas) nos últimos 45 anos.

Fonte: FAOSTAT, 2007.

No mercado nacional a comercialização é feita através das grandes superfícies de venda, dos mercados abastecedores e dos mercados regionais.

A importação de morango é significativa e concentra-se no período de Fevereiro a Maio, inclusive, coincidente com a época de produção de Espanha, que é o nosso maior fornecedor. Em 2004, para além de Espanha, a Alemanha foi também um importante fornecedor de morango ao mercado português, com um peso de, aproximadamente, 7% da totalidade das importações.

As exportações, por outro lado, apesar de modestas, aumentaram relativamente ao ano anterior. O Reino Unido (80%), a França, a Holanda e alguns países do Norte da Europa são mercados onde o morango português tem boa aceitação, verificando-se mais recentemente a exportação para a Noruega e a Rússia.

1.1.2 *Origem e Morfologia*

Morangueiro é o nome comum dado a um conjunto de espécies, híbridos e variedades, do género *Fragaria*. Apesar de possuírem algumas diferenças anatómicas típicas, a classificação das espécies assenta essencialmente sobre o número de cromossomas (sete tipos básicos de cromossomas comuns). O grau de poliploidia que as diferentes espécies exibem resulta numa ampla distribuição da planta.

Existem diversas formas de morango silvestre, das quais a mais importante parece ser o morango europeu (*Fragaria vesca*). Do cruzamento de 2 espécies selvagens, *Fragaria chiloensis* (L.) Duch. e *Fragaria virginiana* Duch. resultou um híbrido hoje conhecido como *Fragaria Ananassa* Duch.. Este híbrido é actualmente a espécie agrícola mais comum de morangueiro.

Ao longo dos anos, o morango cultivado foi continuamente melhorado, com o aparecimento de novas cultivares, adaptadas a ambientes particulares (Hancock, 1999; Faedi *et al.*, 2002).

O morangueiro é uma planta herbácea dicotiledónea perene (em termos agrícolas, conduzida como anual) de folhas alternas, compostas, trifoliadas e inseridas no caule por pecíolos mais ou menos longos. Quando as condições climatéricas são adequadas, a planta emite estolhos, caules finos e prostrados, com entre nós longos, que facilmente enraízam originando novas plantas. Numa plantação comercial, é desaconselhável o crescimento dos estolhos, que acabam por debilitar as plantas, diminuindo a produção de fruto.

O sistema radicular é fasciculado, constituído por numerosas raízes superficiais. As raízes secundárias formam uma massa radicular, cuja principal função é a maior eficiência na absorção de água e nutrientes. As flores estão agrupadas em inflorescências com número variável de flores. As flores têm cálice e corola, pétalas hipogínicas (inseridas

inferiormente ao ovário) e oito a dez sépalas, com caulículo (Hennion e Veschambre, 1997). Após a fecundação, o receptáculo (glabro), torna-se carnudo e suculento convertendo-se num fruto comestível. A parte comestível do morango não corresponde botânica mente ao fruto, é na verdade um falso fruto.

Os verdadeiros frutos (aquênios) são aquilo a que por vezes se chama de sementes e estão distribuídas à superfície da parte carnuda (Figura 6).

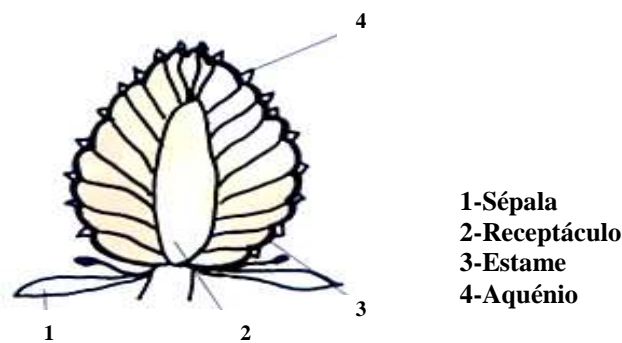


Figura 6: Morfologia do fruto.

Fonte: Hennion e Veschambre, 1997.

1.2 Aspectos gerais da maturação do morango e relações com a qualidade

1.2.1 Regulação do processo de maturação

Apesar dos mecanismos reguladores do amadurecimento dos frutos não serem completamente conhecidos (Trainotti *et al.*, 2005), tem sido referenciado que a regulação do amadurecimento é um mecanismo comum a todos os frutos (White, 2002).

Enquanto fruto não climatérico, tem sido considerado que o etileno não está envolvido no processo de maturação. Não obstante, embora o etileno não inicie uma

resposta climatérica (Knee *et al.*, 1977; Abeles e Takeda, 1990; Perkins-Veazie, 1995), poderá estar envolvido ao nível da expressão dos genes reguladores do amadurecimento.

Estudos recentes têm demonstrado que a aplicação de auxina nos frutos reprime uma grande parte dos genes responsáveis pela maturação (e cuja expressão aumenta durante esta fase) (Civello *et al.*, 1999; Aharoni e O'Connell., 2002). Têm ainda sido isolados genes relacionados com as expansinas (Civello *et al.*, 1999), que poderão estar associadas com o aumento do peso do fruto.

1.2.2 *Maturação de morangos*

O morango apresenta uma fase de crescimento rápido (atingindo um tamanho máximo cerca de 30 dias após a antese, dependendo das condições ambientais) e após esta etapa, o fruto começa a amadurecer. O tamanho do fruto é determinado pela posição da inflorescência e pelo número e tamanho de aquênios formados. Embora as taxas de crescimentos sejam semelhantes, os frutos primários são maiores que os secundários e os terciários (Hoppulla e Karhu, 2006), consequência da menor extensão da fase que antecede o crescimento. Na figura 7 é possível visualizar todos os estádios de desenvolvimento do fruto, desde a floração até à senescência.



Figura 7: Estádios de desenvolvimento de morangos.

Fonte: Hennion e Veschambre, 1997.

Após o crescimento, o período de maturação completa do fruto é também rápido. Dependendo da temperatura, pode variar entre 15 e 60 dias (Perkins-Veazie e Huber, 1992; Forney *et al.*, 1996). Esta fase é dividida em 3 estádios principais: A **maturação**, caracterizada pelo termo do crescimento e o início da maturidade fisiológica; o **amadurecimento** que corresponde à fase terminal do desenvolvimento dos frutos, e inclui as alterações fisiológicas e bioquímicas nos tecidos que conferindo as características desejáveis (Woodward, 1972; Brady, 1987; Özgen *et al.*, 2002); e, por fim, a **senescência**, que corresponde, genericamente, à fase pós-colheita, ocorre após a maturidade fisiológica ou hortícola e resulta na morte do tecido.

Durante a maturação (em especial durante a fase de amadurecimento), ocorrem uma série de alterações nos frutos. O amolecimento dos frutos é uma parte integrante do processo de amadurecimento e possui uma extrema importância comercial (Kader, 1991; Tabil e Sokhansanj, 2001). Durante a maturação, ocorrem diversas alterações relacionadas com o metabolismo da parede celular (Civello *et al.*, 1999), com um aumento da acção de diversas enzimas específicas como a celulase (Trainotti *et al.*, 1999), a xilosidase

(Martínez *et al.*, 2004), a galactosidase (Trainotti *et al.*, 2001), as expansinas (Dotto *et al.*, 2006) e a pectato-líase (Benítez-Burraco *et al.*, 2003).

A cor vermelha característica do fruto é desenvolvida através da síntese de antocianinas (Given *et al.*, 1988 b, c), sendo a mais comum a pelargonidina-3-glucosídeo (pg 3-gl) (Wrolstad *et al.*, 1970; Kalt *et al.*, 1993).

O conteúdo em sólidos solúveis aumenta continuamente durante o desenvolvimento do morango (5% em frutos verdes pequenos para 6-9% em morangos maduros) (Kader, 1991). A acidez decresce gradualmente e a nível do aroma, desenvolvem-se um conjunto de esteres voláteis (Shamaila *et al.*, 1992; Pérez *et al.*, 1992, 1993; Zabetakis e Holden, 1997), responsáveis pelo aroma característico do fruto.

1.2.3 *Composição do fruto maduro e perfil nutricional*

Água: é o componente mais abundante do fruto (89 e 94%), como pode ser observado no Quadro 1, tornando o morango altamente sensível à desidratação (Olías *et al.*, 1998).

Hidratos de carbono: a componente doce do morango está relacionada com o seu conteúdo em açúcares com predomínio de glucose e de frutose (Wang e Camp, 2000; Baldwin, 2002), e em muito menor proporção o xilitol, o sorbitol e a xilose, sendo estes os componentes mais abundantes encontrados no teor em sólidos solúveis totais (SST) (Kader, 1991; Kallio *et al.*, 2000; Baldwin, 2002; Baldwin, 2004; Pelayo-Zaldívar *et al.*, 2005). Aparentemente, para que um fruto seja sensorialmente aceitável, deve possuir um teor mínimo em SST de 7% (Mitcham *et al.* 1996), podendo, contudo, encontrar-se variações no intervalo de 5 a 12%, conforme a cultivar e os factores pré-colheita a que essa cultivar foi sujeita (Kader, 1991; Perkins-Veazie, 1995).

Ácidos orgânicos: depois dos açúcares, os ácidos orgânicos não voláteis constituem os componentes mais abundantes do conteúdo total de sólidos solúveis. Para além do seu papel fulcral do ponto de vista da qualidade organoléptica, os ácidos possuem importância a nível da regulação do pH celular a nível vacuolar, influenciando a estabilidade das antocianinas e, possuindo conseqüentemente um papel relevante na cor dos frutos. O ácido mais abundante no morango maduro é o ácido cítrico embora também se verifiquem quantidades consideráveis de ácido málico e em menor proporção, de ácido isocítrico, succínico, oxalacético, glicérico e glicólico. As variações nos ácidos málico e cítrico são responsáveis pelas diferenças de acidez entre frutos maduros e frutos excessivamente maduros.

A acidez titulável (AT), num morango maduro pode variar entre 0,5 e 11,87%, estando esta grande amplitude de valores bem descrita na literatura (Green, 1971; Kader 1991; Perkins-Veazie, 1995; Mitchell *et al.*, 1996; Montero *et al.*, 1996; Kallio *et al.*, 2000; Skupień e Oszmiański, 2004; Azodanlou *et al.*, 2004; Pelayo *et al.*, 2005). As diferenças encontradas nos valores de acidez titulável publicados são relacionadas com a cultivar e com os factores culturais e ambientais a que a planta foi sujeita (Shaw, 1988; 1990).

Vitaminas: o morango possui um elevado teor em vitamina C ainda que os níveis oscilem conforme a cultivar, o estado de maturação e as condições de cultivo (Kidmose *et al.* 1996; Munbodh e Aumjaud, 2003).

O ácido ascórbico é uma das vitaminas mais instáveis, pelo que um adequado manuseamento pós-colheita é fundamental para evitar a redução dos seus níveis (Olías *et al.*, 1998; Nunes *et al.*, 1995).

Quadro 1: Composição química e nutricional do morango.

| Componente | Valor por 100 g de fruto |
|---------------------|--------------------------|
| Água | 89-94 g |
| Hidratos de Carbono | 5-10 g |
| Proteínas | 0,5-0,9 g |
| Gordura | 0,1-0,4 g |
| Vitamina A | 60 mg |
| Vitamina C | 20-70 mg |
| Tiamina | 0,03 mg |
| Riboflavina | 0,07 mg |
| Niacina | 0,6 mg |
| Ferro | 1 mg |
| Sódio | 1 mg |
| Potássio | 164 mg |
| Cálcio | 21 mg |
| Fósforo | 21 mg |
| Calorias | 37 kcal |

Compostos fenólicos: o morango contém elevados níveis de compostos antioxidantes (Aaby *et al.*, 2005) entre os quais de destacam as antocianinas, os flavonóides os ácidos fenólicos. Os benefícios deste tipo de compostos encontram-se descritos em diversos estudos epidemiológicos (Wang *et al.*, 1996; Rice-Evans e Miller, 1996; Heinonen *et al.*, 1998; Häkkinen *et al.*, 1999; Häkkinen *et al.*, 2000; Wang *et al.*, 2002; Heinonen, 2002; Hannum, 2004; Beattie *et al.*, 2005), e este componente é considerado um atributo de qualidade (Tomas-Barberan e Espín., 2001). A actividade antioxidante total depende de factores genéticos e das condições de crescimento da planta (Wang e Lin, 2000; Wang e Camp, 2001; Wang *et al.*, 2002).

Pigmentos: a cor vermelha do morango é consequência do conteúdo e perfil de antocianinas. Como já foi referido, a capacidade antioxidante das antocianinas poderá ser uma das mais significantes propriedades biológicas (Wang *et al.*, 1996) e, portanto, as antocianinas são importantes não só a nível estético, como do ponto de vista nutricional. A principal antocianina é a pelargonidina-3-glucósido, constituindo cerca de 90% da composição total de antocianinas (Wrolstad *et al.*, 1970; Kalt *et al.*, 1993).

A cianidina-3-glicósido é a segunda antocianina mais importante (Bakker *et al.*, 1994).

Compostos Voláteis: o conjunto dos compostos voláteis do fruto determina a sua qualidade aromática e depende de factores genéticos, ambientais e do estado de desenvolvimento (Baldwin, 2002; Pelayo-Zaldívar *et al.*, 2005).

O aroma típico do morango deve-se essencialmente ao seu conteúdo esteres voláteis, que se desenvolvem durante o amadurecimento (Pérez *et al.*, 1992; 1993, 1996a,b; 1997; Zabetakis e Holden, 1997). A maior parte dos compostos aromáticos são comuns no morango selvagem e cultivado (Pyysalo *et al.*, 1979) e, é a proporção de cada um dos compostos voláteis que apresenta variabilidade e determina a qualidade aromática das cultivares (Shamaila *et al.*, 1992; Pérez *et al.*, 1993, 1996, 1997; Hancock, 1999).

Os morangos também produzem metabolitos resultantes da fermentação, incluindo acetaldeído, etanol e acetato de etilo (Li e Kader, 1989; Larsen e Watkins, 1995) quando acondicionados sob condições desfavoráveis.

Sais Minerais: o morango é um fruto rico em sais minerais, potássio, magnésio e cálcio (Hakala *et al.*, 2003).

1.3 Avaliação da qualidade de morango fresco

Os aspectos relacionados com a qualidade são factores determinantes da competitividade de determinado sector.

A qualidade alimentar em geral, e dos produtos hortofrutícolas, em particular é simultaneamente complexa e relativa (Cardello, 1998; Shewfelt, 1999) porque depende do consumidor e do mercado considerado (Haffner, 2002). A qualidade de um produto engloba diferentes componentes: a aparência (tamanho, forma, cor, presença de defeitos), a textura, o sabor, o valor nutritivo e a segurança (Sistrunk, e Moore, 1967; Kader, 1991; Mitcham *et al.*, 1996; Kader, 2002).

1.3.1 Qualidade normativa

A qualidade global de um morango engloba características como a aparência (cor, tamanho, forma, ausência de defeitos), a firmeza, o sabor (sólidos solúveis, acidez titulável e aromas voláteis), e o valor nutritivo (vitamina C) (Quadro 2). Para que um morango possua sabor aceitável, é recomendado um mínimo de 7,0% sólidos solúveis e um máximo de 0,8% de acidez titulável (Kader, 1991).

A qualidade de morangos das cultivares (cultivares) do género *Fragaria* L. que se destinem a ser apresentados ao consumidor no estado fresco, com exclusão dos destinados a transformação industrial, possuem normas relativas nomeadamente à calibragem, tolerância, apresentação, assim como disposições relativas à marcação são o alvo do regulamento (CE) N.º 843/2002 (Jornal Oficial L 134 de 22.5.2002, p. 24-28), com alterações posteriores introduzidas pelos regulamentos (CE) N.º 46/2003 (JO L 7 11.1.2003, p.61) e (CE) N.º 907/2004 (JO L 163 30.4.2004, p.50).

Quadro 2: Atributos de qualidade de morango fresco.

| Atributos de qualidade | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| Aparência | Cor |
| | Tamanho |
| | Forma |
| | Ausência de micélios de fungos |
| | Ausência de defeitos |
| Textura | Cor das sépalas |
| | Firmeza |
| Qualidade sensorial | Suculência |
| | Doçura |
| | Acidez |
| | Aromas Voláteis |
| Valor Nutritivo | Vitaminas |
| | Antioxidantes |
| | Fibra |
| | Minerais |
| Segurança | Componentes Tóxicos naturais |
| | Pesticidas |
| | Contaminação microbiana |

Fonte: Adaptado de Kader, 1991; Hancock, 1999; Kader, 2002.

1.3.2 *Qualidade subjectiva*

Muito embora se recorra à medição instrumental dos atributos de qualidade, a apreciação sensorial desses atributos assume cada vez maior importância dado que a qualidade global de um produto é, em última análise, avaliada pelos consumidores.

A avaliação sensorial dos alimentos é baseada na apreciação de determinadas características por parte de um painel de provadores, o qual pode ser constituído por simples consumidores, por provadores treinados, ou mesmo peritos.

Na indústria alimentar actual, a avaliação sensorial torna-se cada vez um aspecto mais importante, na medida em que serve para o desenvolvimento de novos produtos, para modificar as formulações já existentes, aceder a novos mercados; no fundo, para competir mais eficientemente, antecipando as expectativas do consumidor final.

O tipo de teste a seguir na análise sensorial depende do objectivo pretendido. Os testes de análise sensorial podem ser divididos em três categorias fundamentais: testes discriminantes, testes descritivos e testes afectivos.

Os testes discriminantes assentam essencialmente na percepção que o provador tem da diferença qualitativa e/ou quantitativa entre produtos. Estes testes podem ser de comparação par-pares que se baseiam na comparação de pares de amostras, em termos de uma propriedade bem definida; a prova triangular, na qual são apresentadas três amostras em simultâneo (duas amostras iguais e uma diferente); e a prova duo-trio que consiste em apresentar ao provador três amostras, uma é identificada como sendo a referência, tendo o provador de identificar qual das amostras é idêntica à referência.

Os testes descritivos envolvem a detecção e a descrição qualitativa e quantitativa dos diferentes atributos sensoriais de um determinado produto, por um painel de provadores devidamente treinado (Meilgaard *et al.*, 1991). Os principais são: a prova de ordenação na qual é apresentada ao provador uma série de amostras que deverão ser ordenadas em relação a determinado atributo; a Prova escalar nas quais se classificam numa escala os diferentes atributos de um produto; e a Prova de perfil que permite quantificar determinados atributos de qualidade de um produto.

Nos testes afectivos avalia-se a preferência ou aceitação por parte do consumidor actual ou o potencial de um produto existente ou em desenvolvimento. Estas provas podem ser de preferência ou de aceitação. Nas primeiras, o provador deverá indicar o produto que prefere relativamente a outro. Os testes de aceitação podem ser de ordenação hedónica ou de escala hedónica. A ordenação hedónica é semelhante ao referido para as provas discriminatórias de ordenação. No caso da escala hedónica, as amostras são apresentadas ao provador em separado e este deverá pontuar atributo da amostra numa escala hedónica de n pontos (nº de pontos variáveis) ou numa escala numérica não estruturada, entre outras alternativas.

Em qualquer um dos casos, as condições do teste não devem ser subestimadas e as amostras deverão ser apresentadas ao provador sempre codificadas, e em ambiente controlado.

Os métodos sensoriais envolvendo a utilização de painéis treinados ou constituídos por consumidores têm sido utilizados em diversos estudos para investigar as características de qualidade de morango (Reitmeier *et al.*; 1991; Shamailla *et al.* 1992, Kidmose *et al.* 1996, Pérez *et al.* 1997, Ulrich *et al.* 1997; Carlen e Ançay, 2003, Han *et al.*, 2005). Alguns estudos têm tido o seu foco no estabelecimento de relações fiáveis entre as medições instrumentais e os atributos sensoriais (Kidmose *et al.* 1996, Wozniak *et al.* 1997; Carlen e Ançay, 2003).

1.4 Factores que influenciam a qualidade e deterioração do fruto

A qualidade final de determinado produto, a duração e o sucesso de um processo de conservação resulta de um conjunto de condições proporcionadas antes, durante e após a colheita. A selecção de cultivares com boas características de qualidade e conservação, os

factores de produção afectam não só o crescimento da cultura, mas as características de qualidade interna do produto colhido (Kays, 1999).

1.4.1 *Influência dos factores pré-colheita na qualidade normativa*

1.4.1.1 **Fase de produção**

Assumindo que a qualidade de um produto se desenvolve durante o seu período de crescimento (Hewett, 2006) e que as tecnologias pós-colheita têm como objectivo manter essa qualidade, os factores pré-colheita assumem um papel preponderante para a qualidade global de um produto hortofrutícola, afectando diversos atributos de qualidade (Lee e Kader, 2000).

a) Material genético

A escolha da cultivar é de primordial importância para o sucesso da cultura, encerrando um papel central na produtividade, qualidade, tempo de armazenamento e na resposta aos tratamentos pós-colheita aplicados.

O processo de selecção da cultivar engloba uma criteriosa selecção de parâmetros que incluem a cor, o tamanho, a resistência a doenças, a susceptibilidade aos danos mecânicos e a produtividade, entre outros (Faedi *et al.*, 2002). Dependendo do componente de qualidade considerado, em geral, verificam-se grandes diferenças entre as diferentes cultivares (Kader, 1991; Kallio *et al.*, 2000; Cordenunsi *et al.*, 2002; Døving e Måge, 2002; Watson *et al.*, 2002; Cordenunsi *et al.*, 2003; Sturm *et al.*, 2003; Hakala *et al.*, 2003; Rosli *et al.*, 2004; Cordenunsi *et al.*, 2005; Pelayo-Zaldívar *et al.*, 2005; Hoppula e Karhu, 2006). Embora influenciados por outros factores, atributos como a textura (Cordenunsi *et al.*, 2002; Døving e Måge, 2002; Cordenunsi *et al.*, 2003; Rosli *et al.*, 2004; Cordenunsi *et al.*,

2005), a cor e os compostos aromáticos são primariamente dependentes dos factores genéticos.

O conteúdo em Vitamina C depende também da cultivar utilizada (Kidmose *et al.* 1996; Munbodh e Aumjaud, 2003).

b) Factores climáticos

Os factores climáticos possuem uma forte influência na composição e nas características de qualidade dos frutos (Kader e Barrett, 2005).

Ainda que os factores genéticos sejam muito importantes, a literatura revela que as condições de crescimento também afectam a firmeza do morango, a concentração de sólidos solúveis (Wang e Camp, 2000; Watson *et al.*, 2002; Hoppula e Karhu, 2006), a acidez, a cor do morango (Sacks e Shaw 1994), o aroma e o pH (Shaw, 1990). Por exemplo, tem sido relatado que as elevadas temperaturas durante a fase de crescimento possuem efeitos negativos no conteúdo de sólidos solúveis (Wang e Camp, 2000; Watson *et al.*, 2002) e que promovem o desenvolvimento de antocianinas tornando os frutos mais vermelhos (Wang e Zheng, 2001).

A abundância de água durante o ciclo de crescimento da cultura tem sido associada a uma menor firmeza (Krüger *et al.*, 2002) embora resultados antagónicos tenham também sido descritos (Moore, 2001; Hoppula e Karhu, 2006).

c) Instalação da cultura e práticas culturais

As tecnologias utilizadas durante a instalação da cultura e as práticas culturais associadas à cultura têm como objectivo produzir produtos de elevada qualidade recorrendo á manipulação dos factores ambientais que afectam a qualidade do fruto.

A qualidade aromática do fruto depende das coberturas utilizadas (Wang *et al.*, 1998; Loughrin e Kasperbauer, 2002) e de alguns tratamentos fitossanitários (Baldwin, 2002).

Excesso de sombreamento devido às tradicionais coberturas utilizadas deve ser evitado com vista à obtenção de frutos de elevada qualidade (Hoppula e Karhu, 2006). Naradisorn *et al.* (2004) descrevem que a aplicação de cálcio nos frutos promove um aumento na firmeza, não afectando os outros atributos de qualidade.

d) Modo de produção

A procura de produtos com menor risco de posse de resíduos de pesticidas tem aumentado (Kader e Barrett, 2005) e o morango não é excepção (Cayuela *et al.*, 1997; Bourn e Prescott, 2002).

Desta forma, muitos produtores iniciam uma viragem da produção intensiva, que exige a utilização de adubos e pesticidas, para métodos de produção designados por Protecção Integrada (não é sinónimo de Agricultura Biológica).

Segundo a FAO, a Protecção Integrada é um Sistema de Protecção contra os inimigos das culturas que, tomando em consideração as condições particulares do Ambiente e da dinâmica das populações das espécies em questão, utiliza todos os meios e técnicas apropriados de modo tão compatível quanto possível, com o objectivo de manter as populações dos inimigos das culturas a um nível suficientemente baixo para que os prejuízos ocasionados sejam economicamente toleráveis.

Para a prática da Protecção e Produção Integradas foi necessário estabelecer um conjunto de normas técnicas que definem entre outros aspectos, os níveis económicos de ataque para cada inimigo da culturas, os meios de luta mais adequados para o combate destes inimigos e as práticas culturais mais respeitadoras do ambiente. Em Portugal, a Direcção Geral de Protecção de Culturas (DGPC) já elaborou normas consolidadas de Produção Integrada para o morangueiro (família das Rosáceas) (Lopes, 2006).

1.4.1.2 **Gestão da colheita**

A qualidade do morango deve ser máxima na altura da colheita e por essa razão, não só a data da colheita deve ser criteriosamente determinada, como todo o processo de colheita deve ser efectuado de forma a minimizar a manipulação do produto e consequentemente reduzir as perdas.

a) Estado de maturação

Colher no estado de maturação adequado é o factor mais importante que determina a qualidade e o tempo de conservação de frutos como o morango (Kader, 1991).

A natureza não climatérica do morango condiciona o momento de colheita, já que este tem de ser colhido numa fase em que garanta que toda a qualidade esteja já desenvolvida, o que acontece quando se encontram com 100% de superfície vermelha. Contudo, nesta altura são mais moles, o que dificulta a manutenção da qualidade durante toda a cadeia de distribuição até ao consumidor. A colheita de frutos menos maduros embora permita aumentar o tempo de armazenamento (Perkins-Veazie *et al.*, 1995; Forney *et al.*, 1996; Morkkila *et al.*, 1997; Özgen *et al.*, 2002), compromete a qualidade organoléptica e nutricional do fruto (Morkkila *et al.*, 1997; Munbodh e Aumjaud 2003).

b) Método de Colheita

A colheita, por si só, pode induzir lesões mecânicas nos frutos que posteriormente conduzirão à deterioração por contaminação microbiana, ao aumento da perda de água e das taxas de respiração e à produção de etileno. Devido a essa fragilidade, a colheita manual do morango directamente para as embalagens comerciais, é um ponto-chave na minimização do manuseamento, condicionando de forma positiva a qualidade e a vida útil.

1.5 Influência dos factores pós-colheita na retenção da qualidade de morango fresco

1.5.1 *Factores Pós-colheita*

A qualidade dos produtos degrada-se sempre após a colheita devido a mecanismos fisiológicos, em conjugação com eventuais danos mecânicos, deteriorações microbianas e factores biológicos, como doenças e pragas (Kader *et al.*, 1998; Tabil e Sokhansanj, 2001; Aked, 2002). A extensão das perdas de qualidade que ocorrem ao longo da cadeia, definem a perecibilidade do produto e dependem do sucesso de cada uma das tecnologias utilizadas (Aked, 2002).

1.5.1.1 **Factores fisiológicos**

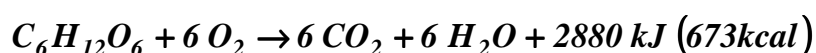
a) *Respiração*

Das variáveis fisiológicas, a que mais impacto tem na elevada perecibilidade do morango é a taxa de respiração.

A respiração é o processo metabólico pelo qual os materiais orgânicos, principalmente hidratos de carbono, são degradados em produtos mais simples com libertação de calor. Este processo fornece a energia e carbono para os processos bioquímicos da planta de manutenção da organização celular e da integridade das membranas. A respiração é um processo que prossegue após a colheita enquanto os tecidos vegetais permanecerem vivos. Enquanto medida da actividade metabólica, a respiração dos produtos hortofrutícolas está relacionada com a sua degradação (Brash, 1995; Kader, 2002; Surjadinata e Cisneros-Zevallos, 2003).

A perda dos materiais orgânicos traduz-se na perda em nutrientes, com consequente redução do valor nutritivo e perda do sabor característico (Saltveit, 1997; Tabil e Sokhansanj, 2001; Ayala-Zavala *et al.*, 2004).

A respiração aeróbia corresponde a três vias metabólicas: a glicólise, o ciclo dos ácidos tricarbóxicos e o sistema de transporte de electrões (Kays, 1991; Contreiras, 1992) e é traduzida, genericamente, pela seguinte expressão:



A razão entre a quantidade de dióxido de carbono (CO₂) produzido e a quantidade de oxigénio (O₂) consumido é designada por quociente respiratório (QR). A composição do produto influencia o tipo de substratos utilizados pela respiração, o que é avaliado pelo QR. Os valores publicados em literatura para quocientes respiratórios para respiração aeróbia variam entre 0,7 e 1,3 dependendo do substrato (Kader, 1987). No caso do morango, o QR assume um valor próximo de 1 (Renault *et al.*, 1994b; Hertog *et al.*, 1999).

Existem diversos factores (endógenos e exógenos) que podem afectar não só as taxas de respiração mas também o quociente respiratório dos diversos produtos.

Dos factores que afectam a taxa de respiração do morango, têm-se destacado a cultivar, o estado de maturação do fruto, a região de produção, os sistemas culturais e a data de colheita (Pelayo-Zaldívar *et al.*, 2005).

A particular dependência da temperatura que a taxa de respiração dos produtos hortofrutícolas é desde há muito conhecida (Kader *et al.*, 1989). Quando expostos a elevadas temperaturas (Kader, 1992; Talasila, 1992) a taxa de respiração do fruto aumenta significativamente, resultando na depleção de nutrientes do fruto e consequente diminuição da qualidade organoléptica. Os efeitos das baixas temperaturas na taxa de respiração de morangos estão também descritos (Talasila *et al.*, 1992) (ver Quadro 3).

Quadro 3: Exemplos de taxa de respiração de morangos sob diferentes condições.

| Cultivar | Temp. (°C) | Composição Atmosférica | Taxa Resp. (unidades) | Referência |
|-----------------------|------------|--|--|-------------------------------|
| N.d. | 0 | Ar | 12-18 (mg CO ₂ /kg/h) | Hennion e Veschambre (1997) |
| | 5 | | 16-23 (mg CO ₂ /kg/h) | |
| | 10 | | 30-60 (mg CO ₂ /kg/h) | |
| | 15 | | 71-92 (mg CO ₂ /kg/h) | |
| | 20 | | 102-196 (mg CO ₂ /kg/h) | |
| | 25 | | 169-211 (mg CO ₂ /kg/h) | |
| N.d. | 0 | Ar | 6-10 (ml CO ₂ /kg/h) | Mitchell <i>et al.</i> (1996) |
| | 10 | | 25-50 (ml CO ₂ /kg/h) | |
| | 20 | | 50-100 (ml CO ₂ /kg/h) | |
| Aromas Diamante Selva | 5 | Ar | 6 (mg CO ₂ /kg/h) 6 (mg CO ₂ /kg/h) 9 (mg CO ₂ /kg/h) | Pelayo <i>et al.</i> (2005) |
| Selva | 0 | Ar | 4×10^{-7} (mol CO ₂ /kg/h) | Vicente <i>et al.</i> (2003) |
| | | Tratamento a 45°C | $2,4 \times 10^{-6}$ (mol CO ₂ /kg/h) | |
| N.d. | 0 | Ar | 1518 (mg CO ₂ /kg/h) | Kays (1991) |
| | 10 | | 5218 (mg CO ₂ /kg/h) | |
| | 20 | | 12718 (mg CO ₂ /kg/h) | |
| | 0 | 1218 (mg CO ₂ /kg/h) | | |
| | 10 | 3% O ₂ ; 0% CO ₂ | 4518 (mg CO ₂ /kg/h) | |
| | 20 | 8618 (mg CO ₂ /kg/h) | | |

N.d.: não descrita.

Pela análise da literatura descrita no Quadro 3, verifica-se que existe uma tendência para a diminuição da taxa de respiração do morango com a diminuição de oxigênio na atmosfera (Couey e Wells, 1970; El-Kazzaz *et al.*, 1983; Ke *et al.*, 1991; Li e Kader, 1989; Prasad e Stadelbacher, 1974; Woodward e Topping, 1972). Contudo, em trabalhos de Renault *et al.* (1994b) com morangos da cultivar *Selva* não foi observada a influência da concentração de O₂ (2% a 21%) na taxa de respiração de morango avaliada a 10°C.

O efeito do dióxido de carbono depende da maturidade de produto, da gama de concentrações e do tempo de exposição do produto a essas concentrações (Li e Kader, 1989; Smith e Skog, 1992; Talasila *et al.*, 1992; Hertog *et al.*, 1999; Watkins *et al.*, 1999). Em frutos não climatéricos tem sido descrito que a taxa de respiração diminui

progressivamente devido à senescência dos tecidos (Kays, 1991), até que ocorre a invasão microbiana ou por fungos (Nicolai *et al.*, 2005). Woodward e Topping (1972) e El-Kazzaz, *et al.* (1983) verificaram uma diminuição das taxas de respiração de morangos armazenados a 3°C, durante 30 dias, mas Pelayo *et al.* (2005) não encontraram diferenças significativas para as taxas de respiração durante o armazenamento sob condições de refrigeração (5 °C).

b) Transpiração

A evaporação da água dos tecidos dos produtos hortofrutícolas e a não reposição da água perdida resulta em importantes perdas de peso (valor comercial) e por marcantes alterações na aparência do fruto (Aked, 2002). A morfologia delicada do morango torna-o muito susceptível a perdas de água, e esta é uma característica que pode limitar a vida útil do fruto. O limite para a perda de peso situa-se nos 6%. Aumentos nas perdas de água promovem uma acelerada deterioração do produto, com importantes alterações adversas de firmeza, como resultado da turgescência celular (Nunes *et al.*, 1995). Como já foi descrito, § 2.4.1.2.2., os danos no fruto, o estado de maturação e os factores ambientais como a temperatura, a humidade relativa influenciam a perda de água.

1.5.1.2 Factores ambientais

Os morangos respondem fisiologicamente ao ambiente que os rodeia e os factores ambientais devem ser controlados, de forma a obter um retardamento da deterioração. A temperatura, humidade relativa, composição atmosférica possuem papéis importantes para a retenção da qualidade e manutenção da vida útil.

a) Temperatura e humidade relativa

Como já foi anteriormente referido, a temperatura é o factor mais importante para a conservação, ao apresentar uma relação directa com a taxa de respiração (Kader, 1992; Talasila *et al.*, 1992). As condições de armazenamento ideais são descritas como estando no intervalo de temperatura 0 a 5°C e 95 % de humidade relativa (HR) (Wills *et al.*, 1998).

A diminuição da taxa de respiração possui resultados positivos na manutenção da qualidade organoléptica, em consequência da retenção do teor em sólidos solúveis (Kader, 1992; Cordenunsi *et al.*, 2003; Ayala-Zavala *et al.*, 2004).

A temperatura e humidade relativa afectam também, entre outro a textura do fruto (Darrow, 1966), havendo uma tendência para o amolecimento a elevadas temperaturas.

b) Composição atmosférica

A composição atmosférica (nomeadamente O₂ e CO₂) possui efeitos em diversos processos metabólicos nas plantas (Beaudry, 1999). O tratamento com concentrações de CO₂ (10 a 20 kPa) permite aumentar a vida pós-colheita dos morangos, devido ao seu efeito na redução das taxas de respiração, produção e acção do etileno, retardamento do amolecimento e incidência ou severidade da senescência (Woodward e Topping, 1972; Li e Kader, 1989; Kader, 1991; Ke *et al.*, 1991; Smith, 1992; Larsen e Watkins, 1995, Watkins *et al.*, 1999; Guichard *et al.*, 1992; Smith e Skog, 1992; Pelayo *et al.*, 2003. Concentrações de CO₂ superior a 15% resultam em alterações da cor interna e/ou externa, no aparecimento de aromas estranhos, e no conteúdo de Vitamina C (Ke *et al.*, 1991, 1992; Agar *et al.*, 1997; Gil *et al.*, 1997; Holcroft e Kader, 1999a,b).

c) Resposta ao etileno

O etileno (C₂H₂) é uma hormona natural proveniente do metabolismo das plantas que regula o crescimento, o desenvolvimento e a senescência.

Considera-se que o etileno tem pouco ou nenhum efeito no amadurecimento do morango/ manutenção da qualidade (Reid, 1983; Perkins-Veazie, 1995; Tian *et al.*, 2000; Bower *et al.*, 2003). Noutros trabalhos, tem sido, demonstrado que a remoção do etileno do ambiente de armazenamento a temperaturas de refrigeração afecta o desenvolvimento de doenças típicas do fruto e um aumento do amolecimento (El-Kazzaz *et al.*, 1983; Wills e Kim, 1995; Tian *et al.*, 2000) com repercussões importantes a nível da diminuição do tempo de armazenamento dos frutos.

Também tem sido demonstrado que a aplicação de etileno exógeno pode potencialmente induzir processos de amadurecimento secundários no fruto (Tian *et al.*, 2000).

1.5.1.3 Outros factores

a) Produção de etileno

Os morangos produzem muito pouco etileno (inferior a 0,1 $\mu\text{L}/\text{kg}/\text{h}$ a 20 °C (Abeles e Takeda, 1990; Wills e Kim, 1995; Perkins-Veazie, 1995; Knee *et al.*, 1997)), não tendo sido observada a produção auto-catalítica de etileno em nenhum estágio de maturidade.

A taxa de produção de etileno depende da cultivar (Pelayo *et al.*, 2005) e aumenta com a maturação, a incidência dos danos físicos, as doenças e o aumento da temperatura (Perkins-Veazie, 1995). Ambientes com oxigénio reduzido (menos de 8%) e/ou dióxido de carbono elevado (mais de 2%) reduzem a taxa de produção de etileno.

b) Contaminações

Um importante factor da deterioração da qualidade de frutos é o ataque de fungos (Aked, 2002). No morango, o problema mais comum é a podridão cinzenta, causada pelo fungo *Botrytis cinerea* (El-Kazzaz *et al.*, 1983), e que consegue crescer mesmo a 0°C.

Fungos do género *Rhizopus*, em especial *Rhizopus stolonifer* são também causadores de importantes problemas patológicos.

1.6 Manuseamento e conservação de morango fresco

O sistema de manuseamento envolve todos os canais através dos quais o fruto chega ao consumidor.

Os produtos hortofrutícolas necessitam de ser conservados, alterando o ambiente de armazenamento de forma a minimizar o efeito dos factores de degradação anteriormente referidos. As condições ambientais óptimas podem ser obtidas através do controlo da temperatura, da humidade relativa e, por vezes, da composição da atmosfera, interferindo directamente com a perecibilidade do produto e com a sua qualidade final.

1.6.1 Pré-arrefecimento

O rápido arrefecimento dos morangos até temperaturas perto dos 0 °C diminui em grande parte as alterações indesejáveis de qualidade, com um importante aumento da vida útil do fruto (Boyette *et al.*, 1989; Talbot e Chau, 1991; Nunes *et al.*, 1995; Anderson *et al.*, 2004).

O stress associado à colheita conduz a um aumento da actividade metabólica dos produtos e ao imediato início da senescência. Os atrasos no arrefecimento, frequentemente encontrados nesta fase, reduzem a percentagem de frutos comercializáveis, conduzem a perdas na qualidade aromática e nutricional e aumentam a susceptibilidade a lesões (Nunes *et al.*, 1995; Morkkila *et al.*, 1997; Brosnan e Sun, 2001, Kader, 2002).

Em geral, recorre-se à refrigeração por ar forçado com atomização de água, que possui a vantagem de reduzir a temperatura do fruto à temperatura aconselhada em menos de uma hora, sem conduzir a perdas de água indesejáveis (Talbot e Chau, 1991).

1.6.2 *Embalagem*

A embalagem é um componente essencial do sistema de comercialização e distribuição e uma parte integrante na avaliação global de um produto. É graças à embalagem que os produtos alimentares podem ser transportados por uma vasta área geográfica, e por um maior período de tempo sem perdas inaceitáveis de qualidade.

As embalagens são responsáveis por interações complexas com o produto e com este e o ambiente. Desse modo, a selecção de um sistema de embalagem que optimize o tempo de vida útil e a qualidade de um produto alimentar deve ser criteriosa e obedecer não só aos requisitos específicos do produto, mas ainda considerar o sistema de distribuição e armazenamento a que o produto estará sujeito, bem como ao consumidor a que se destina.

Como já foi referido, os morangos devem ser seleccionados e embalados manualmente ainda no campo, e podem ser comercializados a granel ou em unidades. Na venda de pré-embalados o sistema de embalagem é constituído por uma embalagem primária, de venda, e por uma embalagem de transporte. Neste caso, são habitualmente usados godés plásticos (com tampa plástica ou uma manga de plástico perfurado ou envolvidos em filme extensível) acondicionados, por sua vez, em tabuleiros de cartão canelado ou de plástico.

Na venda a granel, a embalagem de armazenamento e de transporte é também a embalagem de exposição no ponto de venda (Poças e Oliveira, 2001), e são utilizados tabuleiros plásticos, caixas de madeira ou de cartão paletizáveis.

Em ambos os casos, há que referir a importância estratégica da embalagem sobre o ideal logístico, ou seja, a minimização do manuseamento do produto e, em alguns casos a sua importância na minimização do metabolismo do produto. Para além da função de protecção durante o armazenamento, o transporte, o manuseamento e a distribuição (Poças e Oliveira, 2001), a embalagem destinada à preservação do morango fresco deve permitir o pré-arrefecimento rápido do produto. Desta forma, torna-se de particular importância o tipo e localização das perfurações dos godés. Em geral, as perfurações localizam-se na tampa e fundo dos godés. Esta localização das perfurações comporta, contudo uma diminuição da eficiência do arrefecimento, resultado do empilhamento dos tabuleiros com os godés. Nesta perspectiva, as perfurações localizadas nas arestas dos godés são reconhecidas como mais eficiente na óptica do rápido arrefecimento.

No caso dos godés envolvidos com filme extensível, a aplicação do filme ocorre após o pré-arrefecimento, não ocorrendo, em geral, problemas em termos de eficiência. Os filmes utilizados são barreiras relativamente boas ao vapor de água, causando condensação dentro da embalagem em situações de flutuação de temperatura e aumentando a susceptibilidade ao ataque microbiano. A utilização de embalagens perfuradas ou de filmes compostos (Kader *et al.*, 1989; Exama *et al.*, 1993; Renault *et al.*, 1994; Fishman *et al.*, 1996; Hirata *et al.*, 1996; Thompson, 1998; Sanz *et al.*, 1999, 2000; Al-Ati e Hotchkiss, 2002; Zhang *et al.*, 2005) garantem a possibilidade de manter altos níveis de humidade à volta do produto, sem provocar condensação. Desta forma, o produto beneficia em termos de aspecto e qualidade microbiológica.

1.6.3 Métodos de Conservação

1.6.3.1 Gestão da temperatura e da humidade relativa: efeitos da duração do armazenamento

O controlo da temperatura em conjugação com o controlo da humidade relativa é o factor pós-colheita mais importante na conservação de hortofrutícolas (Kader, 1991; 2002).

A refrigeração tem um papel determinante na qualidade não só porque reduz a actividade metabólica, incluindo a respiração, a produção de etileno, as alterações de composição e a velocidade de senescência e de amadurecimento, mas também porque encerra uma série de outras medidas tais como a redução de perdas de água por transpiração. Cada aumento de 10°C na temperatura acelera não só a deterioração, mas também perdas nutricionais importantes (Kader, 1992; Kader *et al.*, 1998). Neste sentido, a diminuição da temperatura, prolonga a vida pós-colheita de morangos, reduzindo a taxa de depreciação, permitindo aumentar a vida útil, mantendo as características aceitáveis (Cordenunsi *et al.*, 2003).

Não obstante, a ocorrência de abuso de temperatura ao longo do ciclo de comercialização de hortofrutícolas (Paull, 1999; Jacxsens *et al.*, 2000; Brecht *et al.*, 2003) é frequente, o que conduz a importantes perdas de qualidade com conseqüente redução do tempo de vida-útil.

Sob temperaturas de refrigeração, a firmeza do morango pode aumentar (Larsen e Watkins, 1995; Lara *et al.*, 2004), diminuir ou manter-se comparativamente aos valores obtidos imediatamente após a colheita (Cordenunsi *et al.*, 2003; Pelayo-Zaldívar *et al.*, 2005).

Relativamente à cor, sabe-se que a via biossintética de produção de antocianinas continua activa mesmo a baixas temperaturas (Kalt e Macdonald, 1996; Holcroft e Kader,

1999a,b), podendo resultar em alterações perceptíveis de cor. Em geral, mesmo a baixas temperaturas verifica-se uma diminuição da luminosidade (Picón *et al.*, 1993; Gil *et al.*, 1997; Sanz *et al.*, 1999).

O armazenamento de morangos *Chandler* sob temperaturas de refrigeração (0-5°C), durante 11 dias de armazenamento conduziu a uma retenção de sólidos solúveis (Ayala-Zavala *et al.*, 2004) com repercussões positivas a nível da qualidade organoléptica. Cordenunsi *et al.* (2003) verificaram um aumento do teor em sólidos solúveis das cultivares armazenadas sob temperaturas de refrigeração.

O pH e a AT mantêm-se inalterados durante 6 dias a 6 °C (Cordenunsi *et al.*, 2003). Nas cultivares *Chandler*, *Oso Grande* e *Sweet Charlie*, armazenadas a 1 °C durante 1 semana, Nunes *et al.* (1995), não encontraram diferenças no pH, mas a acidez titulável era ligeiramente inferior após 1 semana. Ayala-Zavala *et al.* (2004) não encontraram diferenças no pH e na acidez titulável ao longo do tempo, ao armazenarem morangos a 0, a 5 e a 10 °C.

Perda de água acentuada resulta em perdas na aparência, textura e peso, o que deprecia o produto. A manutenção de uma humidade relativa elevada nas câmaras de conservação dos produtos reduz a perda de água e elimina esse problema.

1.6.3.2 Modificação da atmosfera (AC ou EAM)

O elevar o CO₂ e/ou reduzir o O₂ na atmosfera de armazenamento, em combinação com a utilização de baixas temperaturas é considerado como um complemento das condições óptimas de armazenamento de uma grande diversidade de frutos e vegetais (Zagory e Kader, 1988; Kader *et al.*, 1989; Zagory, 1995; Pariasca *et al.*, 2001; Petracek *et al.*, 2002).

O princípio de alteração da atmosfera encontra a sua aplicação em duas técnicas extensamente utilizadas para prolongar o período de armazenamento de frutos e vegetais: (i) o armazenamento sob atmosfera controlada (AC) e o (ii) embalamento sob atmosfera modificada (EAM). Para cada uma das tecnologias surgem diversas variações como sejam o tradicional armazenamento sob atmosfera controlada, o transporte sob atmosfera controlada, embalagens domésticas em atmosfera modificada, embalagens destinadas ao transporte sob atmosfera modificada e embalagens em atmosfera modificada combinada com um contentor em atmosfera controlada para o transporte (Fonseca e Malcata, 2003).

No armazenamento sob AC, a atmosfera que cumpra os requisitos desejados é controlada e mantida durante todo o tempo de armazenamento. Os morangos são frutos relativamente tolerantes ao CO₂ (Kader *et al.*, 1989, Ke *et al.*, 1991) e as atmosferas enriquecidas com dióxido de carbono – 10 a 20 % – são usadas para aumentar a vida pós-colheita dos morangos (Li e Kader, 1989; Kader, 1991; Gil *et al.*, 1997; Zhang *et al.*, 2005). Este tratamento torna-se particularmente importante quando os frutos são expostos a elevadas temperaturas durante o transporte e tem demonstrado ter um elevado benefício na redução do aparecimento de podridões (Wells e Cota, 1970; Woodward e Topping, 1972; Ke *et al.*, 1991; Guichard *et al.*, 1992; Smith, 1992; Smith e Skog, 1992; Shamaila *et al.*, 1992; Larsen e Watkins, 1995; Holcroft e Kader, 1999a,b; Watkins *et al.* 1999; Pelayo *et al.*, 2003).

Ao tratamento com estas concentrações de CO₂ estão associados outros efeitos benéficos entre os quais se destacam a manutenção da firmeza (Smith e Skog, 1992; Larsen e Watkins 1995) e a redução da taxa de produção de etileno (Couey e Wells, 1970; Woodward e Topping, 1972; El-Kazzaz *et al.*, 1983; Ke *et al.*, 1991; Li e Kader, 1989).

O efeito do CO₂ na taxa de respiração pode ser negligenciável ou nulo como verificado por Li e Kader (1989), Talasila *et al.* (1992) e Hertog *et al.* (1999), ou permitir a

clara redução das taxas de respiração dos mesmos (Colelli e Martelli, 1995). No entanto, dependendo da concentração e do tempo de exposição ao CO₂, (Woodward e Topping, 1972) podem ser observadas variações no metabolismo normal do fruto, tais como a perda de aroma natural e a ocorrência de aromas estranhos (Couey e Wells, 1970; Larsen e Watkins, 1995; Zhang e Watkins, 2005), com concomitante aumento das concentrações de acetaldeído, etanol e etil acetato, como resultado da respiração anaeróbica (Ke *et al.*, 1993; Woodward e Topping, 1972), além de alterações na coloração do fruto (Kader, 1997). A eficácia do tratamento depende ainda do estado de maturação do fruto e da cultivar (Smith e Skog, 1992; Watkins *et al.*, 1999).

A aplicação de níveis de CO₂ mais altos que 20 % (40, 50 e 80%) permitiu uma elevada eficiência no controlo microbiano de morangos *Selva*, mas resultou em efeitos negativos para algumas das características de qualidade, obtendo-se alterações de cor e do conteúdo em antocianinas e da acumulação de compostos voláteis, que estão em geral associados com alguns odores indesejáveis (Ke *et al.*, 1991; Ke *et al.*, 1994; Gil *et al.* 1997).

Os sistemas de embalagem modernos deixam de ter um papel unicamente passivo na protecção e comercialização do produto, para passar a ter um papel activo no processamento, na conservação e na retenção de qualidade e na segurança do produto ao longo da cadeia de distribuição. A EAM é uma forma de alterar o metabolismo global do fruto assumindo um papel preponderante no prolongamento do tempo de armazenamento.

Na EAM o produto é mantido fresco por períodos mais longos, usando filmes com permeabilidade selectiva aos gases, permitindo em alguma extensão as alterações gasosas entre a micro-atmosfera interna da embalagem, gerada pela respiração do produto, e a atmosfera externa (Kader *et al.*, 1989; Lee *et al.*, 1991, 1996; Zagory 1995; Al-Ati e Hotchkiss, 2002; Fonseca *et al.*, 2002).

Pela sua elevada taxa de respiração, os morangos têm sido material em estudos de embalagem com atmosfera modificada, sendo frequentemente demonstrado que o tempo de vida de prateleira pode ser aumentado através com o recurso a esta tecnologia (Wells e Cota, 1970; Kader, 1992). Actualmente, a atmosfera modificada tem sido aplicada para o transporte de paletes de morango, no qual as paletes seladas com plástico, são injectados com a mistura de gases adequada (TransFRESH Co.) (Poças e Oliveira, 2001; Farber et al., 2003). Adicionalmente, recorre-se a uma redução na concentração de O₂ na embalagem (1 a 5 %), o que permite reduzir as taxas de respiração e de produção de etileno (Kader *et al.*, 1989; Smith e Skog, 1992; Harker *et al.*, 2000). Contudo, tal como observado para os elevados níveis de CO₂, os níveis utilizados para manter a qualidade estão muito próximos dos níveis de tolerância e a exposição de morangos a níveis inferiores a 1 % O₂ provoca alguns efeitos indesejáveis nos frutos (Li e Kader, 1989; Ke *et al.*, 1991; Shamaila *et al.*, 1992; Ke *et al.*, 1994; Pelayo *et al.*, 2003), particularmente relacionados com alterações aromáticas nos frutos, com produção de álcoois e ésteres (Watkins *et al.*, 1999; Woodward e Topping, 1972; Li e Kader, 1989; Ke *et al.*, 1991) e alterações de cor (Holcroft e Kader, 1999a,b; Sanz *et al.*, 1999; 2000). Os níveis de O₂ inferiores a 5% provocaram reacções de fermentação em morangos *Pajaro* (Hertog *et al.*, 1999).

Para obter a mistura óptima, a embalagem com atmosfera modificada usa sobretudo materiais poliméricos flexíveis, mais vulgarmente o polietileno (PE), o polipropileno (PP) ou outros polímeros com diferentes permeabilidades ao O₂ e ao CO₂. O grau de alteração da atmosfera que se obtém na embalagem depende de uma série de variáveis tais como a permeabilidade do filme ao O₂ e CO₂, a respiração do produto e a influência da temperatura em ambos os processos (Beaudry, 1999).

EAM é um sistema já testado em outros produtos hortofrutícolas de origem portuguesa, como é o caso de maçãs Bravo de Esmolfe (Rocha *et al.*, 2004).

Uma das dificuldades encontradas para utilização desta tecnologia é a incompatibilidade entre a taxa de permeabilidade dos filmes disponíveis no mercado e a taxa respiratória de alguns produtos. A utilização de filmes poliméricos de baixa permeabilidade em produtos com elevadas taxas de respiração (ou produtos cortados frescos) pode resultar em condições anaeróbicas dentro da embalagem com uma inevitável deterioração da qualidade organoléptica (Exama *et al.*, 1993). Para obviar estes problemas, recorre-se á utilização de embalagens perfuradas/microperfuradas (Kader *et al.*, 1989; Exama *et al.*, 1993; Renault *et al.*, 1994a,b; Fishman *et al.*, 1995, 1996; Hirata *et al.*, 1996; Thompson, 1998; Sanz *et al.*, 1999, 2000; Fonseca *et al.*, 2000; Al-Ati e Hotchkiss, 2002) ou de filmes compostos (Zhang *et al.*, 2005).

Sanz *et al.* (1999) armazenaram morangos (500 g) em embalagens individuais microperfuradas (PP) com diferentes superfícies de perfuração (1,7; 3,14; e 4,71 mm²). As embalagens foram posteriormente tratadas de acordo com as práticas comerciais (2 °C e 20 °C). No final do tempo de vida útil, a atmosfera dentro da embalagem estava próxima à que é em geral recomendada para o morango (Kader, 1992; Smith, 1992), o que resultou numa extensão global da vida útil. Zhang *et al.* (2005) concluíram que a concentração gasosa óptima é obtida com uma mistura de diferentes filmes.

Os modelos predictivos permitem simular o comportamento global dos sistemas de embalagem e determinar os requisitos da embalagem para um produto específico. Estes modelos são em geral desenvolvidos após o conhecimento do comportamento das trocas gasosas através da embalagem, das concentrações gasosas recomendadas (que podem depender do critério de qualidade em estudo), da taxa de respiração para o produto em causa e das condições de armazenamento.

O ambiente alvo da embalagem é geralmente modelado considerando a interacção entre a respiração do produto e a passagem dos gases através do filme utilizado (Hayakawa

et al., 1975; Hening e Gilbert, 1975; Cameron *et al.*, 1989; Lee *et al.*, 1991; Fishman *et al.*, 1995). Contudo, a complexidade de cada um dos modelos (funções matemáticas) e a integração das variáveis que afectam a taxa de respiração é bastante variável (Hayakawa *et al.*, 1975; Hening e Gilbert, 1975; Cameron *et al.*, 1989; Lee *et al.*, 1991; Hagger *et al.*, 1992; Exama *et al.*, 1993; Talasila *et al.*, 1995; Fishman *et al.*, 1995; Ratti *et al.*, 1996; Lakakul *et al.*, 1999; Zhu *et al.*, 2001, 2002; Al-Ati e Hotchkiss, 2002).

Alguns modelos matemáticos recorrem à criação de um modelo de respiração do tipo Michaelis-Menton e Arrhenius para descrever a influência do O₂ e potencialmente do CO₂ e da temperatura na respiração. Esta abordagem tem sido usada para uma diversidade de produtos, incluindo o morango (Lakakul *et al.*, 1999). Renault *et al.* (1994b) sugeriram uma equação do tipo Michaelis–Menten, com inibição incompetitiva pelo CO₂. A influência da temperatura foi descrita pela lei de Arrhenius na taxa de respiração máxima. Song *et al.* (1992) concluíram que o mesmo parâmetro não segue uma equação de Arrhenius. Em trabalhos de Hertog *et al.* (1999), quer V_{mO_2} e V_{mCO_2} (Velocidade máxima da reacção) dependem da temperatura de acordo com uma equação de Arrhenius. Talasila *et al.* (1992) e Talasila (1992) modelaram a influência da temperatura com o recurso a expressões polinomiais ou exponenciais.

A complexidade do modelo de taxas de respiração aumenta quando se considera a influência: a) da concentração gasosa (Henig e Gilbert, 1975; Yang e Chinnan, 1987, 1988a,b; Cameron *et al.*, 1989; Lee *et al.*, 1991; Talasila *et al.*, 1992; Talasila, 1992; Song *et al.*, 1992; Beaudry, 1993; Emond *et al.*, 1993; Joles *et al.*, 1994; Fishman *et al.*, 1996; Dadzie *et al.*, 1996; Peppelenbos e van't Leven, 1996; Ratti *et al.*, 1996; Andrich *et al.*, 1998; Smyth *et al.*, 1998; Lakakul *et al.*, 1999; Makino *et al.*, 1996); b) da temperatura e concentração gasosa (Joles *et al.*, 1994; Renault *et al.*, 1994b; Ratti *et al.*, 1996; Andrich *et al.*, 1998; Smyth *et al.*, 1998; Lakakul *et al.*, 1999; McLaughlin e O'Beirne 1999), c) do

tempo e das flutuações de temperatura (Smyth *et al.* 1998; Zhu *et al.*, 2001; Jacxsens *et al.*, 1999, 2000, 2002; Fonseca *et al.*, 2002); *d*) do estágio de desenvolvimento ou da cultivar (Cameron *et al.*, 1989; Song *et al.* 1992); *e*) do tempo (Uchino *et al.*, 2004).

Fonseca *et al.*, (2002) reportaram que a diminuição da taxa de respiração com a temperatura para couve-galega cortada, segue um modelo Weibull.

1.6.4 *Outros tratamentos*

1.6.4.1 **EAM não convencional**

Mais recentemente, a utilização de atmosferas diferentes das tradicionais, tem sido sugerido como uma alternativa (Day, 1996; Day, 2002). As atmosferas com elevadas concentrações de O₂ têm sido particularmente efectivas na prevenção do acastanhamento enzimático, inibição do crescimento microbiano, e na incidência de doenças numa série de produtos hortofrutícolas (Amanatidou *et al.*, 1999; 2000; Van der Steen *et al.*, 2002. No morango, a utilização de pressões parciais de O₂ superiores a 40 kPa promovem um aumento de firmeza e uma diminuição da incidência de podridão, quando comparados com frutos armazenados em ar ou em atmosferas típicas para este produto (Wszelaki e Mitcham, 2000; Pérez e Sanz, 2001; Zheng *et al.*, 2005).

Se em alguns casos os frutos submetidos a este tratamento apresentaram níveis significativamente mais baixos de SST durante os últimos dias do armazenamento a 5 °C, noutros casos não se encontraram diferenças significativas quando comparado com os morangos tratados em ar (Wszelaki e Mitcham, 2000; Pérez e Sanz, 2001; Zheng *et al.*, 2005). Relativamente à AT, foram encontradas pequenas diferenças entre os morangos expostos a elevados níveis de O₂ e os frutos mantidos em ar ambiente durante 14 dias de armazenamento (Wszelaki e Mitcham, 2000). Contudo, Pérez e Sanz (2001) encontraram

teores mais elevados de AT antes do dia 4 e teores mais baixos depois do dia 7 em morangos expostos a 90 kPa O₂ e 10 kPa CO₂ comparativamente aos frutos armazenados em ar durante 9 dias a 8 °C. Kader e Ben-Yehoshua (2000) e Wszelaki e Mitcham (2000) referem, contudo, que só níveis próximos de 100 kPa de O₂ ou pressões mais baixas em combinação com 15 kPa CO₂ são verdadeiramente eficazes.

A utilização de vácuo (ausência de atmosfera) é ainda experimentada em hortofrutícolas como a cenoura (Rocha *et al.*, 2007).

1.6.4.2 Revestimentos comestíveis

O revestimento comestível em frutos frescos surge como uma alternativa ao armazenamento por atmosfera modificada (Del-Valle *et al.*, 2005; Park, 1998, 2002; Park *et al.*, 2005) para aumentar o tempo de prateleira dos frutos.

A aplicação de revestimento de amido, carragenato ou quitosano diminui a taxa de respiração, diminui a perda de peso, retarda o amadurecimento global, mantém a firmeza, a cor e ainda retarda o desenvolvimento de fungos (El Ghaouth *et al.*, 1991, 1992; Zhang e Quantick, 1998; Devlieghere *et al.*, 2004; Tanada-Palmu e Grosso, 2005; Hernández-Muñoz *et al.*, 2006; Vargas *et al.*, 2006).

Estudos recentes em morangos revestidos com quitosano, e armazenados por 1 semana a 2°C, demonstraram que a adstringência e a aceitação do consumidor não é negativamente afectada quando as soluções são preparadas com baixos níveis de acidez (Han *et al.*, 2004, 2005).

1.6.4.3 **Tratamentos com cálcio**

Os tratamentos com cálcio podem também ter um impacto no período de conservação de vários frutos e vegetais, já que este é considerado um importante agente de firmeza e possui um importante papel na manutenção da qualidade de frutos e vegetais. No morango, estes tratamentos (1% Cloereto de cálcio) aumentam a vida útil, retardam a taxa de deterioração e mantêm a firmeza por períodos de tempo mais longos (Lara *et al.*, 2004; Ribeiro, 2005; Hernandez-Munöz *et al.*, 2006; Lara *et al.*, 2006), sem prejuízo para a qualidade sensorial (Garcia *et al.*, 1996; Ribeiro, 2005). Adicionalmente, estes tratamentos permitem diminuir lesões superficiais do fruto, e aumentar da resistência ao ataque de fungos (Lara *et al.*, 2004; Ribeiro, 2005; Hernandez-Munöz *et al.*, 2006; Lara *et al.*, 2006), com benefícios consideráveis na extensão do armazenamento.

1.6.4.4 **Tratamentos térmicos**

Os tratamentos térmicos usados na fase de pós-colheita permitem manter a qualidade global do fruto, pela desinfecção do fruto e controlo de doenças (Paull e Chen, 1990; Lurie, 1998; Paull e Chen, 2000; Fallik, 2004), com indução de mecanismos de defesa do fruto (Ben-Yehoshua *et al.*, 1997; Lurie, 1998), no retardamento do amolecimento global de fruto, (Paull e Chen, 2000), na taxa de respiração e de produção de etileno (Fallik *et al.*, 1999, 2001, 2004).

A aplicação destes tratamentos em frutos pode realizar-se recorrendo a água quente, vapor ou ar quente (Lurie, 1998; Fallik *et al.*, 2001). O efeito benéfico dos tratamentos térmicos no armazenamento de morangos, consequência da inibição da deterioração por fungos tem sido frequentemente descrito (Couey e Follstad, 1966; García *et al.*, 1995; Civello *et al.*, 1997; Vicente *et al.*, 2002; Chira *et al.*, 2002; Vicente, 2004; Zhang *et al.*,

2005; Lara *et al.*, 2006; Wszelaki e Mitcham, 2003; Vicente *et al.*, 2006). Apesar da elevada eficiência no controlo de fungos, ocorrem por vezes efeitos lesivos na qualidade do fruto (Couey e Follstada, 1966; Garcia *et al.*, 1995), possível resultado da cultivar ou da metodologia de tratamento utilizada (método e tempo de tratamento) (Vicente, 2004; Lara *et al.*, 2006). A qualidade de morango *Pajaro* foi negativamente afectada pelo tratamento com água quente a 45°C. Por outro lado, o tratamento com ar à mesma temperatura, para além de induzir um aumento na resistência dos frutos aos patogénicos, sem prejuízo da qualidade, permitiram aumentar a firmeza do fruto (Civello *et al.*, 1997; Vicente, 2004; Lara *et al.*, 2006).

A utilização de temperaturas na ordem dos 40-50°C permite atrasar o amadurecimento e a senescência (Civello *et al.*, 1997) pela alteração da diminuição da quantidade de antocianinas e com resultados específicos na cor (Vicente, 2004), um superior controlo das podridões (Chira *et al.*, 2002; Wszelaki e Mitcham, 2003; Vicente *et al.*, 2006) e uma diminuição de danos resultantes dos tecidos resultantes do amadurecimento (Vicente *et al.*, 2006).

O amolecimento do fruto, um dos principais problemas durante o armazenamento e a utilização destes tratamentos tem obtido resultados contraditórios. Lara *et al.* (2006) não encontraram diferenças em morangos da cultivar *Pajaro* tratados com ar quente, podendo contudo conduzir a alterações negativas na textura do fruto. Por outro lado, um evidente atraso no amolecimento do morango cultivar *Selva* e *Tudla* sujeitos a tratamentos semelhante com ar ou água quente tem também sido observado (García *et al.*, 1995; Civello *et al.*, 1997; Vicente *et al.*, 2002; Vicente, 2004; Vicente *et al.*, 2006).

A qualidade organoléptica é também afectada, dado que estes tratamentos ao interferirem com o metabolismo do produto, como tem sido demonstrado pela diminuição da taxa de respiração (Vicente *et al.*, 2003; Lara *et al.*, 2006), permitem manter o conteúdo

em sólidos solúveis a níveis similares aos encontrados na colheita (García *et al.*, 1995; Lara *et al.*, 2006). Por vezes, ocorre mesmo um aumento no conteúdo em açúcares (Vicente *et al.*, 2002). Uma diminuição da acidez tem sido também descrita para a cultivar *Selva* (Vicente *et al.*, 2002; Vicente, 2004), *Tudla* (García *et al.*, 1995) e *Pajaro* (Lara *et al.*, 2006), assim como o aumento no pH (García *et al.*, 1995; Lara *et al.*, 2006).

Para além dos importantes efeitos no controlo de pragas e doenças ao longo do armazenamento, tem sido sugerido que estes tratamentos podem mesmo alterar numerosos aspectos relacionados com a própria fisiologia dos frutos. Estas modificações veiculam importantes alterações relacionadas com a parede celular dos frutos (Lara *et al.*, 2006), com consequências, quer a nível da textura, quer a nível da invasão de fungos. Adicionalmente, tem sido verificado que os tratamentos térmicos promovem um aumento da actividade da PPO, atraso na degradação das paredes celulares e um aumento na protecção das espécies reactivas do oxigénio (Vicente, 2004; Vicente *et al.*, 2006).

Têm sido utilizados banhos quentes (56-62 °C) de curta duração (10-30 s) para o tratamento de produtos hortofrutícolas. O tratamento de morangos a temperaturas superiores (por ex. 63°C), que causa a desnaturação de proteínas, provoca importantes danos nos frutos, comprometendo a sua qualidade e comercialização. Mesmo banhos à temperatura de 49 °C, causam um elevado amolecimento dos frutos, uma coloração atípica e o desenvolvimento de cheiros estranhos (Chira *et al.*, 2002).

1.6.4.5 Tratamentos com irradiação

A irradiação dos alimentos é um processo de conservação no qual estes são expostos a raios de alta energia, nomeadamente a Radiação Não Ionizante: UV (Ultra-violeta), Visível, IV (Infra-vermelhos); e a Radiação Ionizante: Raios X, Gama e feixes de electrões

tem como principal objectivo prolongar a vida útil, actuando principalmente ao nível da eliminação de fungos e bactérias (Chervin e Boisseau, 1994; Saks *et al.*, 1996; Baka *et al.*, 1999; Nigro *et al.*, 2000).

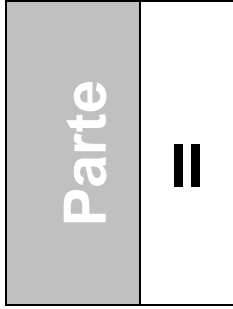
Alguns tipos de irradiação mostram benefícios em termos da extensão da vida útil dos morangos (Yu *et al.*, 1995, 1996). Destes, destacam-se os tratamentos com doses baixas de UV que têm sido nomeadamente utilizados com o objectivo de reduzir a incidência e severidade de doenças pós-colheita em diversos produtos hortofrutícolas, incluindo o morango (Nigro *et al.*, 2000; Breitfellner *et al.*, 2002; Baka *et al.*, 1999; Pan *et al.*, 2004; Vicente *et al.*, 2005). O efeito inibitório no crescimento fúngico aumenta com um acréscimo na dose (Marquenie *et al.*, 2002). Os efeitos gerais do tratamento com UV no morango dependem da dose utilizada. Por um lado, se doses mais baixas ($0,25 \text{ kJ/m}^2$) são mais benéficas na textura do fruto e no atraso da senescência, as doses de $1,0 \text{ kJ/m}^2$ são mais efectivas nos aspectos relacionados com o amadurecimento e o controlo das podridões. Doses de 1,5-2,0 kGy (KiloGray) podem causar perdas de vitamina C e alterações texturais negativas.

O UV possui dois tipos de efeitos nos microrganismos. Por um lado, um efeito directo, ao danificar os microrganismos, por outro, parece haver indicações de que este tipo de tratamentos pode induzir mecanismos de resistência em diferentes frutos (Baka *et al.*, 1999; Nigro *et al.*, 2000).

A diminuição das taxas de respiração observadas durante o armazenamento de produtos tratados com baixas doses de UV tem sido também referenciada (Baka *et al.*, 1999; Vicente *et al.*, 2005), afectando o processo de amadurecimento. Os frutos tratados com esta técnica mostram clara mudança na textura, na composição geral da parede celular e na intensidade da cor quando há um aumento na dose (D'Amour *et al.*, 1993; Yu *et al.*, 1996).

A qualidade organoléptica também é afectada pelos tratamentos. Baka *et al.* (1999) obtiveram uma acumulação de açúcares nos morangos possivelmente devido ao stress provocado pelo tratamento.

Outros tipos de irradiação têm também sido testados para o morango. Marquenie *et al.* (2003) utilizaram um tratamento com pulsos de luz branca (pulsos a 30 μ s a uma frequência de 15 Hz e uma duração total de 40 a 250 s) em morangos inoculados com *Botrytis cinerea* e concluíram que este não teve efeitos significativos no crescimento dos fungos ou em alterações morfológicas.



Desenvolvimento Experimental

Capítulo 2

AVALIAÇÃO SENSORIAL E COMPARAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE DIFERENTES CULTIVARES DE MORANGO PRODUZIDAS EM PROTECÇÃO INTEGRADA

As evoluções nos padrões de consumo alimentar dos últimos anos estão relacionadas com um aumento no interesse para a qualidade, nomeadamente a nível da segurança alimentar. As práticas de protecção Integradas têm ganho interesse devido a estas questões.

O objectivo deste estudo foi comparar quatro cultivares de morango produzidas em Protecção Integrada (Commitment, Endurance, Ventana e Camarosa), quer do ponto de vista físico-químico, quer o ponto de vista sensorial. Foi também expressa a preferência global do consumidor por determinada cultivar. A firmeza, a cor, os SST, a AT, o pH e o conteúdo de antocianinas foram determinados e correlacionados com as pontuações obtidas na avaliação sensorial.

A cultivar Commitment foi a mais valorizada pela sua cor. As novas cultivares foram mais valorizadas pelo seu sabor doce e pouco ácido e pela sua textura suculenta e menor rigidez. Relativamente à preferência global as cultivares não apresentaram diferenças significativas. Em geral, foi encontrada uma boa concordância em termos instrumentais e de análise sensorial.

2.1 Introdução

O morango é um fruto muitíssimo apelativo, pela sua cor atractiva, sabor e elevado valor nutritivo. Um fruto de qualidade possui uma conjugação de componentes tais como a aparência geral (intensidade e distribuição da cor vermelha, tamanho e forma da fruta, ausência dos defeitos de superfície e deterioração), a firmeza e o sabor (Mitcham *et al.*, 1996; Kader, 1991; Kader, 2002).

As decisões de compra são geralmente baseadas na aparência (Kays, 1999) mas a repetição da compra e satisfação total estão essencialmente dependentes do sabor (gosto e aroma) dos frutos (Kader, 2001; Kader, 2002).

Apesar das diferenças individuais (Kader, 1992), a doçura e o aroma e a firmeza são importantes características relacionadas com a preferência de consumidor (Kader, 1991; Shamailla *et al.*, 1992; Sams, 1999; Azodanlou, 2001; Darbellay *et al.*, 2002; Azodanlou *et al.*, 2003; Carlen *et al.*, 2003) para uma determinada cultivar de morangos.

Um dos factores de qualidade com mais impacto nos últimos anos está relacionado com a segurança alimentar. A procura de produtos orgânicos e de produtos com menor conteúdo de resíduos de pesticidas tem aumentado (Kader e Barrett, 2005). O modo de produção em protecção integrada permite ir de encontro a estas necessidades dos consumidores.

O objectivo deste estudo foi comparar 4 cultivares de morango (*Camarosa*, *Commitment*, *Endurance* e *Ventana* (Universidade de Califórnia)), produzidas em protecção integrada, relativamente a atributos obtidos instrumentalmente, bem como, à apreciação de diferentes características sensoriais. Pretendeu-se ainda verificar qual a preferência dos consumidores pelas mesmas cultivares.

2.2 Material e métodos

2.2.1 Preparação dos frutos

Os frutos das diferentes cultivares de morango (*Camarosa*, *Endurance*, *Ventana* e *Commitment*) obtidos directamente do produtor da região do Ribatejo (Figura 8) e produzidos de acordo com as práticas de protecção integrada.

Todas as cultivares de morango foram colhidas no mesmo dia, em meados de Maio, no início da manhã (temperatura aproximada de 13 °C). Os frutos foram colhidos no estado de maturação comercial (3/4 a 4/4 de superfície vermelha), directamente para caixas comerciais e imediatamente transportados para uma câmara de pré-arrefecimento (temperatura de 3,4 °C e humidade relativa perto de 100 %). Após o arrefecimento, os morangos foram transportados para o laboratório, onde foram classificados e seleccionados aleatoriamente para a análise sensorial e para a avaliação instrumental de atributos da qualidade tendo o cuidado de escolher frutos uniformes em grau de maturação, dimensão e cor.



Figura 8: Imagem de algumas cultivares de morangos semelhantes às recolhidas para a presente experiência.

2.2.2 Avaliação instrumental da qualidade

2.2.2.1 Cor e textura

A cor externa do morango foi avaliada usando um colorímetro (Minolta CR 400, Minolta Corp., Osaka, Japão), usando o iluminante C e obtendo os valores de cor expressa como CIE L (luminosidade), a (avermelhamento) e b (amarelamento). Os valores foram obtidos em quatro pontos da zona equatorial de cada fruto, realizando-se três leituras em cada ponto.

Os valores finais de cor: L, a , b foram transformados em valor de *Hue* (posição relativa da cor entre o vermelho e o amarelo) e de *Chroma* (intensidade da cor), segundo as expressões: $Hue = \arctg(b/a)$ e $Chroma = \sqrt{a^2 + b^2}$ (McGuire, 1992).

A firmeza foi avaliada usando um texturómetro *TA-XT Plus* texture analyzer (Stable Micro Systems, Surrey, UK), com uma célula de carga de 5 kg. Os testes foram efectuados com uma sonda cilíndrica com extremidade plana de 2 mm de diâmetro, comprimindo-se o morango até uma distância de 2 mm, a uma velocidade constante de 0,5 mm/s. Os valores obtidos referem-se à força máxima (kg) obtida durante o teste. Os valores da firmeza externa foram obtidos comprimindo os frutos em cinco regiões da zona equatorial. Para avaliação da firmeza interna, uma porção do morango, da zona equatorial, foi cortada e a firmeza medida usando o método descrito anteriormente, mas com dez repetições para cada fruto. Foram utilizadas três réplicas de cada cultivar.

2.2.2.2 Sólidos solúveis totais, pH e acidez titulável

Para avaliar o teor de sólidos solúveis de cada cultivar, espremeu-se a polpa do morango através de gaze até obter uma gota de sumo. Os SST (°Brix) foram medidos usando um refractómetro manual digital (Palette, Atago PR 32 α , Milwaukee Instruments, Rocky Mount, U.S.A.). As medições foram realizadas em triplicado para cada cultivar.

O pH das amostras diluídas foi determinado usando um medidor de pH (modelo 2100, Eutech Instruments, Nijkerk, Holanda). Cada amostra foi constituída pela mistura de 2 morangos e em cada amostra foram efectuadas duas leituras.

A acidez titulável (AT) foi medida potenciometricamente, pela titulação de filtrado de sumo diluído com NaOH 0,1 N até pH 8,1. Os resultados foram expressos como miligramas de ácido cítrico /100 g de peso fresco. As análises foram executadas em duplicado.

2.2.2.3 Conteúdo em Antocianinas

Aproximadamente 4 gramas de puré de morango foram misturados com 10 mL de metanol acidificado (1% v/v), usando um homogeneizador Ultra-Turrax (T25 basics, IKA Labortechnik, Alemanha). A mistura foi mantida a 0 °C por 10 minutos e centrifugada a frio (4 °C) a 1500 g durante 5 minutos (Centrifuga MPW-350R MPW Med. Instruments, Varsóvia, Polónia). A absorvância foi medida a 515 nm no sobrenadante do centrifugado. O índice de antocianinas foi expresso como miligramas de pelargonidina 3-glucosído (abs molar de $E = 3,6 \times 10^6 \text{ mol.de}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ (Woodward, 1972) e $MM = 433,39$ (Qian *et al.*, 2005)), considerada a principal antocianina do morango (Gil *et al.*, 1997; Skupién e Oszmiań, 2004). A análise foi efectuada em triplicado.

2.2.3 Avaliação Sensorial da qualidade

2.2.3.1 Painel

O painel foi constituído por 49 membros (27 mulheres e 22 homens, com idades compreendidas entre 18 e 69 anos, idade média de $30,4 \pm 10$ anos), consumidores de morango.

2.2.3.2 Área de teste

Os testes foram executados sala de prova equipada de acordo com NP4258 (IPQ, 1993).

2.2.3.3 Apresentação da amostra

Os morangos foram retirados da refrigeração antes do início da avaliação e mantidas à temperatura ambiente. Foram lavados com água clorada, enxaguados e posteriormente secos. As amostras apresentadas, aos membros do painel, eram frutos inteiros que foram codificados (números aleatórios de 3 dígitos) e colocados em recipientes de vidro idênticos (Figura 9). A ordem da apresentação da amostra era equilibrada. Os provadores dispunham de água e bolachas de água e sal para limpeza do paladar (Figura 10).

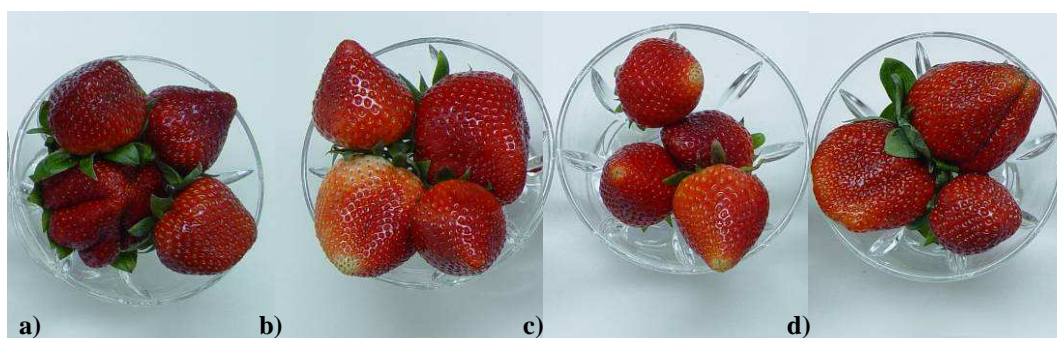


Figura 9: Morangos apresentados para avaliação sensorial: a) Commitment (código: 325), b) Endurance (código: 553), c) Ventana (código: 932), d) Camarosa (código: 994).



Figura 10: Aspecto do tabuleiro de prova fornecido aos provadores do painel.

A aparência (cor, brilho, uniformidade), o odor (estranho, a morango), a textura (suculência, firmeza) e o sabor (doce, ácido, a morango, estranho) foram classificados numa escala hedónica de 6 pontos [0 (nada intenso) a 5 (extremamente intenso)] (Anexo 1). Os atributos seleccionados foram adaptados de Azodanlou (2001).

Posteriormente, foi solicitado a cada membro do painel que indicasse a ordem de preferência das cultivares provadas (Anexo 2).

2.2.4 *Análise estatística*

A análise estatística dos dados foi efectuada utilizando o aplicativo SPSS v.13.0 (SPSS Inc., IL. Chicago, E.U.A.). Numa fase exploratória inicial foram eliminados os valores aberrantes severos. Para os dados da avaliação instrumental da qualidade, seguiu-se a aplicação da análise de variância (ANOVA a um factor) para determinar se existiam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as cultivares em estudo, aplicando-se, quando necessário o teste de HSD de Tukey para identificar as diferenças significativas. Quanto aos dados da avaliação sensorial a análise foi efectuada recorrendo aos testes não-paramétricos para amostras relacionadas (Friedman e Wilcoxon). Relativamente à análise dos dados de preferência das cultivares seguiu-se a norma ISO 8587 (ISO, 1988).

2.3 **Resultados e discussão**

2.3.1 *Avaliação instrumental da qualidade*

A textura do morango foi medida através da firmeza, considerando a força máxima para atingir determinada distância as diferenças entre as cultivares estudadas eram notáveis.

A análise dos valores da firmeza externa (Quadro 4) mostrou a existência de dois grupos homogêneos, sendo um constituído pelas novas cultivares Commitment e Endurance, e o outro constituído pelas cultivares já em comercialização Ventana e Camarosa. Estas cultivares apresentaram valores significativamente mais elevados de firmeza (0,114 kgf).

Pelo contrário, as cultivares Commitment e Endurance são significativamente mais moles, apresentando cerca de metade da força necessária para comprimir a mesma distância no fruto.

Quanto à firmeza interna (Quadro 4), verifica-se que existem 3 grupos distintos, em que a cultivar Endurance apresenta valor significativamente inferior aos restantes e a cultivar Camarosa valor significativamente superior aos restantes. A firmeza é um dos factores mais importantes de estudos de cultivares, ao estar muito relacionado, não só com a preferência directa dos consumidores, mas também com o transporte. Efectivamente, tem sido demonstrada uma boa correlação entre os valores de firmeza inicial de morango e o seu potencial de vida útil e susceptibilidade a danos físicos.

A cultivar Endurance apresenta o maior valor de luminosidade e a cultivar Commitment o menor valor. Para os valores de *a*, *b*, *Hue* e *Chroma*, observam-se também 3 grupos homogêneos, sendo a cultivar Commitment a que apresenta os menores valores e a cultivar Camarosa os mais elevados.

Em relação à cor, os frutos das cultivares Endurance e Ventana eram os mais luminosos (L significativamente mais alto), muito embora Camarosa seja a cultivar mais vermelha (*a* superior). Das 4 cultivares, os frutos da cultivar Commitment eram significativamente mais escuros (valor de L inferior), menos vivas (chroma inferior) e aparentemente menos vermelhas.

Quadro 4: Parâmetros físico-químicos (média (\pm DP)) para as diferentes cultivares de morango.

| Característica | Commitment | Endurance | Ventana | Camarosa |
|---------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Firmeza Externa | | | | |
| Força (kg) | 0,069 ^b (\pm 0,024) | 0,075 ^b (\pm 0,032) | 0,114 ^a (\pm 0,028) | 0,114 ^a (\pm 0,024) |
| Firmeza Interna | | | | |
| Força (kg) | 0,025 ^b (\pm 0,003) | 0,016 ^c (\pm 0,002) | 0,026 ^{a,b} (\pm 0,005) | 0,029 ^a (\pm 0,007) |
| Cor | | | | |
| <i>L</i> | 27,0 ^c (\pm 2,0) | 32,7 ^a (\pm 1,7) | 30,0 ^b (\pm 1,8) | 30,6 ^b (\pm 3,2) |
| <i>a</i> | 16,7 ^c (\pm 2,8) | 21,5 ^b (\pm 1,7) | 21,6 ^b (\pm 3,2) | 23,1 ^a (\pm 3,1) |
| <i>b</i> | 2,8 ^c (\pm 1,5) | 5,0 ^b (\pm 1,3) | 5,7 ^b (\pm 2,3) | 8,0 ^a (\pm 1,2) |
| <i>Hue</i> | 0,16 ^c (\pm 0,08) | 0,23 ^b (\pm 0,06) | 0,25 ^b (\pm 0,09) | 0,33 ^a (\pm 0,05) |
| <i>Chroma</i> | 17,0 ^c (\pm 2,8) | 22,1 ^b (\pm 1,6) | 22,4 ^b (\pm 3,6) | 24,7 ^a (\pm 3,1) |
| Composição Química | | | | |
| SST (°Brix) | 7,65 ^b (\pm 0,64) | 9,60 ^a (\pm 0,16) | 8,08 ^b (\pm 0,54) | 8,00 ^b (\pm 0,41) |
| Cont. Antocianinas (g/100 g) | 21,30 ^{a,b} (\pm 4,94) | 14,65 ^b (\pm 0,34) | 14,00 ^b (\pm 5,14) | 26,92 ^a (\pm 3,78) |
| pH | 3,70 ^a (\pm 0,31) | 3,63 ^a (\pm 0,03) | 3,29 ^b (\pm 0,08) | 3,18 ^b (\pm 0,03) |
| AT (g a.c. /100 g peso fresco) | 0,82 (\pm 0,09) | 0,86 (\pm 0,13) | 0,92 (\pm 0,15) | 0,86 (\pm 0,17) |
| Proporção Açúcares/Ácidos | 9,48 (\pm 2,01) | 11,26 (\pm 1,86) | 8,85 (\pm 0,96) | 9,43 (\pm 1,46) |

a, b, c – Grupos homogêneos de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$).

De acordo com dados apresentados podem ser definidos 2 grupos em relação ao conteúdo de antocianinas. O primeiro grupo inclui Camarosa e Commitment (com valores semelhantes), enquanto o outro grupo engloba Endurance e Ventana com cerca de metade do conteúdo em antocianinas.

Na realidade Camarosa é a cultivar que apresenta os frutos mais vermelhos (valores de *a* e de *chroma* superiores), concordantes com o conteúdo de antocianinas superior. Contudo, esta relação não é clara ao observar ambos os parâmetros em frutos da cultivar Commitment. Efectivamente, embora a concentração de pigmento seja mais alta para esta variedade quando comparado com Ventana ou Endurance, possui valores de *chroma* inferiores.

O sabor é uma característica complicada composta pelo gosto (doce e ácido) e aroma. Assim, açúcares, ácidos e voláteis são importantes para a avaliação da qualidade em termos de sabor.

Um teor de açúcares relativamente alto é requisito fundamental para um morango com bom sabor (Kader, 1991). Os valores experimentais obtidos variaram de 7,65 °Brix para Commitment e 9,6 °Brix para Endurance. Esta é de facto, a única cultivar com valores significativamente mais altos por este atributo (Quadro 4). Todas as cultivares apresentam valores aos superiores mínimos apontados por Mitcham *et al.* (1996), cujo valor é 7,0 °Brix.

A qualidade do morango depende também do conteúdo em ácidos orgânicos. As cultivares estudadas não eram significativamente diferentes em termos do conteúdo em ácido cítrico (variando de 0,82 para 0,92 g ácido cítrico /100g peso fresco). Estes valores são, contudo, ligeiramente superiores aos obtidos por Mitcham *et al.* (1996) que reportaram que o conteúdo máximo de AT deveria ser 0,8%. Não obstante, o conteúdo em ácido cítrico encontrava-se na gama dos encontrados em morangos maduros que pode variar de 0,5 para 2,3% (Kader 1991; Montero *et al.*, 1996; Pelayo *et al.*, 2005; Sturm *et al.*, 2003; Skupień e Oszmiański, 2004).

Por causa da importância de componentes doce e ácido na qualidade de morangos, a razão de açúcar/ácido é habitualmente determinada, e é considerada como índice de qualidade. Quando esta razão é muito baixa, o produto é insípido e perde qualidade (Aked, 2002; Mitcham, 2004). De acordo com os valores obtidos, as cultivares do presente estudo apresentam uma razão adequada para uma qualidade gustativa aceitável, tal como referenciados.

Relativamente aos valores de pH, foram também identificados também 2 grupos. Camarosa e Ventana possuem valores significativamente inferiores ($p < 0,05$) quando comparados com Endurance e Commitment. Os valores de pH das 4 cultivares são característicos dos valores publicados para o morango (na gama de 3,2 a 3,7) (Kader, 1991).

2.3.2 Avaliação sensorial

A avaliação sensorial das cultivares em estudo revelou diferenças substanciais para quase todos os atributos analisados (Figura 11 e Quadro 5).

➤ **Aparência (cor, brilho, uniformidade)**

Os morangos da cultivar Commitment foram apreciados pela cor distintiva, quando comparadas com as outras cultivares, enquanto Endurance, Camarosa e Ventana não foram encontradas quaisquer diferenças significantes entre eles relativamente a este atributo.

Foram encontrados três grupos homogêneos relativamente ao brilho. A cultivar Endurance apresentou um valor significativamente mais elevado que as restantes cultivares, enquanto que os morangos Commitment apresentam a classificação mais baixa para este atributo. Quer Ventana, quer Camarosa, não apresentam diferenças significativas entre eles.

Não foram encontradas diferenças relativamente à uniformidade dos frutos.

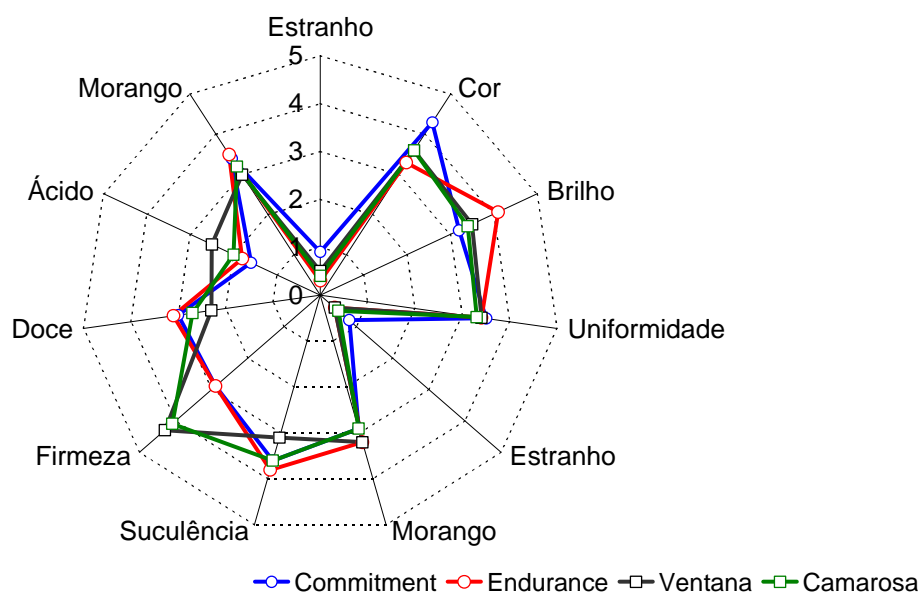


Figura 11: Valores da média dos atributos classificados na análise sensorial efectuada para as diferentes cultivares de morango.

➤ **Odor (estranho, morango)**

O odor a morango foi igualmente percebido por todas as cultivares. Embora apresentando um valor relativamente baixo, a cultivar Commitment recebeu uma pontuação mais alta relativamente aos odores estranhos quando comparado com as outras três cultivares.

➤ **Textura (Suculência, firmeza)**

Com respeito à textura foram avaliados dois atributos importantes para morango.

Quanto à firmeza, pode verificar-se que existem dois grupos homogêneos significativamente diferentes, sendo um constituído pelas novas cultivares Commitment e Endurance, com menor firmeza, e o outro, constituído pelas cultivares Ventana e Camarosa que apresentam valores significativamente mais elevados.

A cultivar Ventana foi considerada como a menos suculenta, sendo que as restantes cultivares não apresentaram diferenças significativas entre si.

Quadro 5: Valores da média (\pm desvio-padrão) dos atributos classificados na análise sensorial para as diferentes cultivares de morango.

| Atributo/ descritor | Cultivares | | | | |
|---------------------|--------------|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| | Commitment | Endurance | Ventana | Camarosa | |
| Aparência | Cor | 4,3 ^a ($\pm 0,9$) | 3,3 ^b ($\pm 1,1$) | 3,6 ^b ($\pm 0,9$) | 3,6 ^b ($\pm 1,1$) |
| | Brilho | 3,2 ^c ($\pm 1,2$) | 4,1 ^a ($\pm 0,9$) | 3,5 ^b ($\pm 1,0$) | 3,4 ^{b,c} ($\pm 1,1$) |
| | Uniformidade | 3,5 ($\pm 1,3$) | 3,4 ($\pm 1,2$) | 3,4 ($\pm 1,2$) | 3,3 ($\pm 1,2$) |
| Odor | Estranho | 0,8 ^a ($\pm 1,2$) | 0,4 ^b ($\pm 0,9$) | 0,4 ^b ($\pm 1,0$) | 0,5 ^{a,b} ($\pm 0,9$) |
| | Morango | 2,9 ($\pm 1,5$) | 3,2 ($\pm 1,7$) | 3,2 ($\pm 1,6$) | 2,9 ($\pm 1,4$) |
| Textura | Suculência | 3,6 ^a ($\pm 1,1$) | 3,8 ^a ($\pm 1,2$) | 3,1 ^b ($\pm 1,2$) | 3,6 ^a ($\pm 1,0$) |
| | Firmeza | 2,9 ^b ($\pm 1,3$) | 2,9 ^b ($\pm 1,2$) | 4,3 ^a ($\pm 0,8$) | 4,1 ^a ($\pm 0,8$) |
| Sabor | Doce | 3,0 ^a ($\pm 1,2$) | 3,1 ^a ($\pm 1,3$) | 2,3 ^b ($\pm 1,1$) | 2,7 ^a ($\pm 1,2$) |
| | Ácido | 1,6 ^c ($\pm 1,2$) | 1,8 ^{b,c} ($\pm 1,4$) | 2,5 ^a ($\pm 1,5$) | 2,0 ^b ($\pm 1,4$) |
| | Morango | 3,4 ($\pm 1,2$) | 3,5 ($\pm 1,3$) | 3,0 ($\pm 1,3$) | 3,2 ($\pm 1,1$) |
| | Estranho | 0,9 ^a ($\pm 1,5$) | 0,3 ^b ($\pm 0,7$) | 0,5 ^{a,b} ($\pm 1,2$) | 0,4 ^b ($\pm 0,9$) |

a, b, c – grupos homogêneos de acordo com o teste de Wilcoxon ($p < 0,05$).

➤ Gosto (doçura, ácido, morango, estranho)

Relativamente ao gosto, as cultivares Commitment e Endurance foram consideradas mais doces e menos ácidas que as outras duas cultivares em analogia aos valores de SST, de AT, e de proporção entre os componentes doce e ácidos obtidos na avaliação instrumental.

Os morangos da cultivar Ventana foram considerados os menos doces e com níveis de ácidos mais altos.

Todavia, relativamente ao atributo sabor a morango, não foram encontradas diferenças significativas entre as cultivares.

Em conformidade com a pontuação dada a odores estranhos, na cultivar Commitment foi assinalada a presença de um sabor estranho.

➤ **Preferência**

Na avaliação da preferência, os provadores ordenaram as cultivares pela seguinte ordem decrescente: Endurance, Camarosa, Commitment e Ventana, embora não se detectassem diferenças significativas ($p < 0,05$).

2.3.3 *Correlação entre avaliação instrumental e sensorial*

A análise sensorial está, em muitos dos atributos de acordo com os resultados instrumentais, na medida em que foram encontrados algumas correlações significativas entre parâmetros (ver Quadro 6).

A textura foi um dos parâmetros em que se obteve uma correlação positiva. Como foi já descrito, a avaliação instrumental revelou a existência de 2 grupos homogêneos. As cultivares Commitment e Endurance apresentaram-se quer a análise instrumental, quer a avaliação sensorial também demonstrou.

A análise de correlação para as médias dos parâmetros revelou uma correlação positiva ($r = 0,898$) entre a firmeza entendida e a força máxima obtida instrumentalmente. Apesar das diferenças inquestionáveis, os morangos mais firmes parecem ser preferidos pelos consumidores (Kader, 1991), quer pelos outros elementos da fileira alimentar.

Quadro 6: Avaliação da associação entre os resultados de avaliação sensorial e as medidas quantificadas de forma físico-química através do coeficiente de correlação de Pearson e respectivos valores de prova [r (p)], para as quatro cultivares de morango.

| | | | AVALIAÇÃO INSTRUMENTAL | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------|--------------|------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| | | | Firmeza | SST | pH | TA | Açúcar /ácido | Antocianinas | hue | Chroma | L | a | b |
| ANÁLISE SENSORIAL | Aparência | Cor | -0,370 (0,63) | -0,779 (0,221) | 0,374 (0,626) | -0,572 (0,428) | -0,485 (0,515) | 0,364 (0,636) | 0,604 (0,396) | -0,810 (0,190) | -0,988* (0,012) | -0,849 (0,151) | -0,625 (0,375) |
| | | Brilho | -0,199 (0,801) | 0,993** (0,007) | 0,203 (0,797) | 0,230 (0,770) | 0,840 (0,160) | -0,583 (0,417) | 0,106 (0,894) | 0,366 (0,634) | 0,869 (0,131) | 0,427 (0,573) | 0,120 (0,880) |
| | | Uniformidade | -0,755 (0,245) | -0,165 (0,835) | 0,836 (0,164) | -0,396 (0,604) | 0,020 (0,980) | -0,376 (0,624) | -0,994** (0,006) | -0,968* (0,032) | -0,662 (0,338) | -0,951* (0,049) | -0,991** (0,009) |
| | Odor | Estranho | -0,544 (0,456) | -0,623 (0,377) | 0,506 (0,494) | -0,790 (0,210) | -0,241 (0,759) | 0,463 (0,537) | 0,602 (0,398) | -0,816 (0,184) | -0,898 (0,102) | -0,851 (0,149) | -0,636 (0,364) |
| | | Morango | 0,073 (0,927) | 0,677 (0,323) | 0,045 (0,955) | 0,700 (0,300) | 0,332 (0,668) | -0,926 (0,074) | 0,054 (0,946) | 0,249 (0,751) | 0,615 (0,385) | 0,31 (0,69) | -0,007 (0,993) |
| | Textura | Suculência | -0,645 (0,355) | 0,490 (0,510) | 0,510 (0,490) | -0,772 (0,228) | 0,806 (0,194) | 0,310 (0,690) | 0,080 (0,920) | -0,108 (0,892) | 0,231 (0,769) | -0,097 (0,903) | -0,125 (0,875) |
| | | Firmeza | 0,989* (0,011) | -0,384 (0,616) | -0,953* (0,047) | 0,760 (0,240) | -0,701 (0,299) | 0,140 (0,860) | 0,716 (0,284) | 0,676 (0,324) | 0,153 (0,847) | 0,646 (0,354) | 0,743 (0,257) |
| | Sabor | Doce | -0,867 (0,133) | 0,432 (0,568) | 0,771 (0,229) | -0,844 (0,156) | 0,784 (0,216) | 0,134 (0,866) | 0,416 (0,584) | -0,424 (0,576) | 0,015 (0,985) | -0,405 (0,595) | -0,456 (0,544) |
| | | Ácido | 0,840 (0,16) | -0,106 (0,894) | -0,734 (0,266) | 0,973* (0,027) | -0,532 (0,468) | -0,358 (0,642) | 0,466 (0,534) | 0,567 (0,433) | 0,285 (0,715) | 0,569 (0,431) | 0,513 (0,487) |
| | | Morango | -0,888 (0,112) | 0,511 (0,489) | 0,805 (0,195) | -0,784 (0,216) | 0,832 (0,168) | 0,022 (0,978) | 0,451 (0,549) | -0,423 (0,577) | 0,07 (0,93) | -0,397 (0,603) | -0,486 (0,514) |
| | | Estranho | -0,423 (0,577) | -0,722 (0,278) | 0,454 (0,546) | -0,507 (0,493) | -0,460 (0,540) | 0,203 (0,797) | 0,711 (0,289) | -0,876 (0,124) | -0,984 (0,016) | -0,906 (0,094) | -0,725 (0,275) |
| | Preferência Global | | 0,286 (0,714) | -0,722 (0,278) | -0,157 (0,843) | 0,380 (0,620) | -0,853 (0,147) | -0,193 (0,807) | 0,315 (0,685) | -0,361 (0,639) | -0,661 (0,339) | -0,382 (0,618) | -0,285 (0,715) |

* (p < 0,05), ** (p < 0,01)

O parâmetro sensorial cor está negativamente correlacionado ($r = -0,988$) com o valor de L, revelando que quanto mais escuro é a cor percebida pelos avaliadores, menos luminosidade tem essa cultivar. A pontuação mais alta relativamente à cor foi dada à cultivar Commitment, que apresenta, quer os menores valores de L, quer os menores valores de a .

O descritor uniformidade do atributo cor, está também positivamente correlacionado com os parâmetros a ($r = -0,951$), b ($r = -0,991$), hue ($r = -0,994$) e $Chroma$ ($r = -0,968$) (Figura 12), indicando uma possível relação com a distribuição de pigmentos e as pontuações obtidas para o parâmetro cor. O gosto ácido percebido pelo painel também está positivamente correlacionado ($r = 0,973$) com os teores de AT obtidos, confirmando resultados previamente obtidos (Aked, 2002; Mitcham, 2004) e comprovando que efectivamente, a medição da acidez titulável é um bom indicador dos níveis de acidez do fruto.

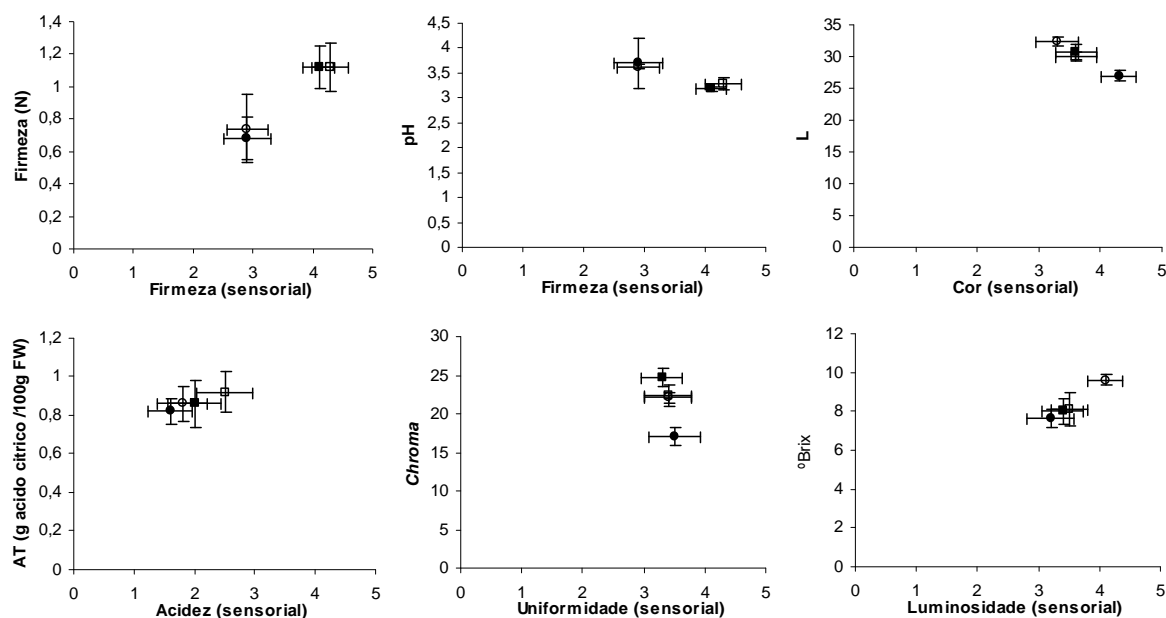


Figura 12: Correlação entre os valores de análise sensorial e a avaliação instrumental de morangos. Os pontos representam a média dos valores experimentais e as barras representam o intervalo de confiança a 95%, para as cultivares: (●) Commitment (○) Endurance, (□) Ventana e (■) Camarosa.

Relativamente à preferência global (Figura 13), apesar de não estar significativamente correlacionada com qualquer um dos parâmetros analíticos, foi encontrado um valor relativamente alto para a associação preferência global e proporção ácido/doce ($r=-0,853$). Esta observação está de acordo com o facto do conhecimento de que uma boa relação entre elevados conteúdos em açúcar e elevados ácidos elevados são requisitos fundamentais para a qualidade do fruto (Kader, 1991).

Outros trabalhos têm demonstrado ainda, correlações positivas entre a doçura, o aroma ou a firmeza e a preferência de consumidor (Kader, 1991; Shamailla *et al.*, 1992; Azodanlou, 2001; Darbellay *et al.*, 2002; Azodanlou *et al.*, 2003; Carlen *et al.*, 2003; Sams, 1999).

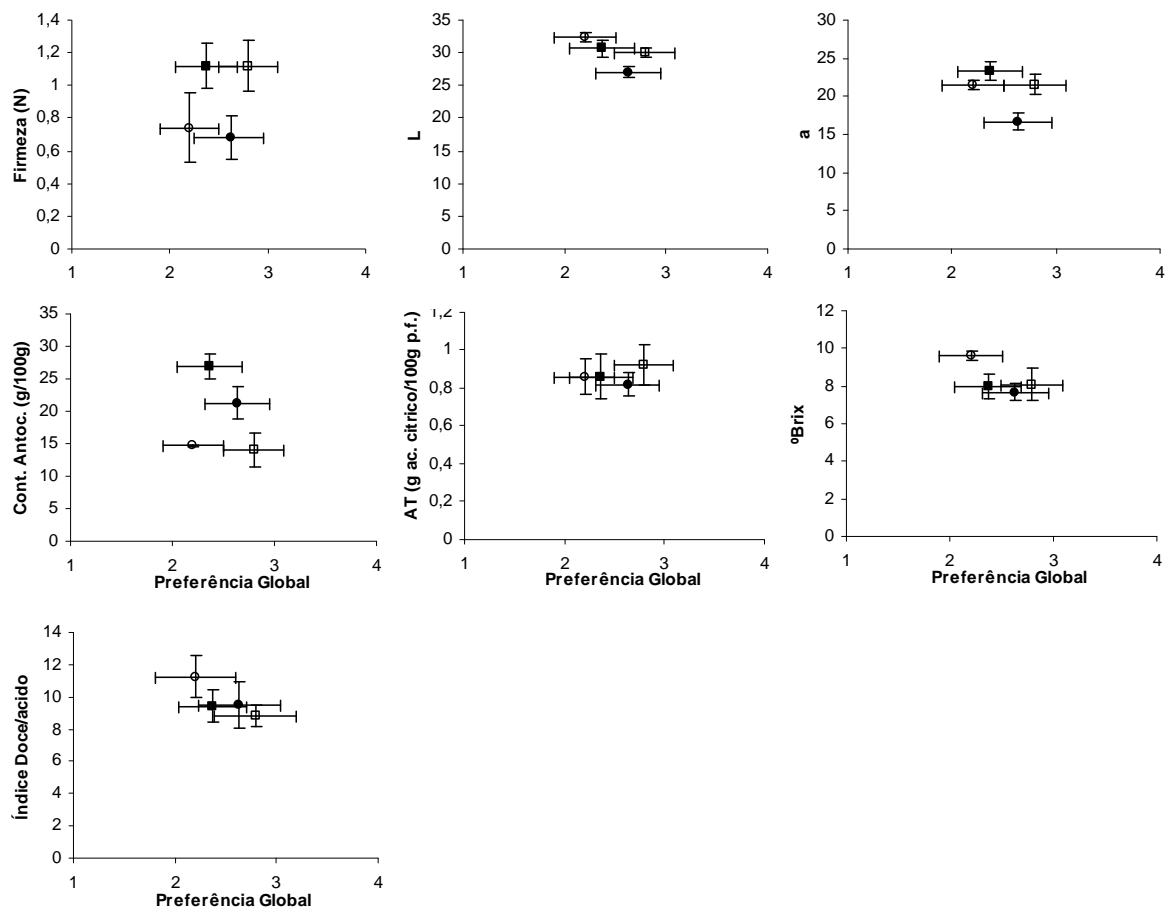


Figura 13: Correlação entre a preferência global e a avaliação instrumental de morangos. Os pontos representam os valores experimentais (média \pm I. C. 95%) para as cultivares: (●) Commitment (○) Endurance, (□) Ventana e (■) Camarosa.

2.4 Conclusões

De uma forma geral, verifica-se uma forte concordância entre os resultados instrumentais e a avaliação sensorial.

A comparação do perfil sensorial das quatro cultivares permite verificar que as novas cultivares: Commitment e Endurance apresentam um teor mais elevado de sólidos solúveis, o qual foi claramente identificado pelo painel ao nível do sabor doce. As mesmas cultivares são reconhecidas pelo painel como sendo mais suculentas e menos firmes, tal como determinado instrumentalmente.

A cultivar Commitment foi valorizada pelo seu aspecto exterior, mas recebeu penalização pela presença de aromas e sabores estranhos, que foram identificados por alguns provadores como sendo “a rosas”.

As diferentes cultivares recolhem apreciações positivas e negativas nas diferentes características, sendo que, no global, nenhuma se evidencia significativamente, quer pela positiva, quer pela negativa, tal como determinado pela análise da preferência global.

Capítulo 3

ARMAZENAMENTO E EVOLUÇÃO DE DIFERENTES CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DE QUATRO CULTIVARES DE MORANGO PRODUZIDAS EM PROTECÇÃO INTEGRADA

O objectivo deste estudo foi o de comparar quatro cultivares de morango produzidas em Protecção Integrada (Commitment, Endurance, Ventana e Camarosa) durante o armazenamento em condições consideradas óptimas (4 °C e humidade relativa elevada) relativamente às suas características de qualidade: a firmeza, a cor, os SST, a AT, o pH, o conteúdo de antocianinas e a perda de peso.

Verificou-se diferenças significativas ao longo do tempo de armazenamento para a firmeza, com a sua diminuição, e um incremento significativo de SST e da % de perda de peso.

No que respeita a diferenças observadas entre cultivares, pode afirmar-se que, globalmente, as cultivares Commitment e Endurance apresentam menor firmeza, valores de SST e de pH mais elevado, e concentração de antocianinas mais baixa. Estes resultados estão de acordo com o reportado no Capítulo 2, em que se concluiu que as novas cultivares (Endurance e Commitment) foram mais valorizadas pelo seu sabor doce e pouco ácido e pela sua textura suculenta e menor rigidez.

3.1 Introdução

As perdas de qualidade pós-colheita e a vida útil dependem da qualidade na altura da colheita (Kader, 1991; Cordenunsi *et al.*, 2002; Watson *et al.*, 2002; Cordenunsi *et al.*, 2003; Sturm *et al.*, 2003; Cordenunsi *et al.*, 2005; Hoppula e Karhu, 2006) e da cultivar. Estas perdas de qualidade estão correlacionadas uma série de características, entre as quais a coloração dos aquénios, o tamanho e o brilho do fruto, a coloração de superfície e com alterações de textura.

Apesar de estarem descritas e serem utilizadas diversas tecnologias com resultados promissores para manter a qualidade do morango, tais como EAM (Shamaila *et al.*, 1992; Garcia *et al.*, 1998; Sanz *et al.*, 2000; Harker *et al.*, 2000), revestimentos comestíveis, tratamentos com cálcio (Lara *et al.*, 2004; Ribeiro, 2005), tratamentos térmicos (Civello *et al.*, 1997; Vicente *et al.*, 2003; Vicente *et al.*, 2005), e tratamento com irradiação (Marquenie *et al.*, 2002), a literatura também salienta que o controlo da temperatura é o factor mais importante para manter a qualidade que o produto teria no momento da colheita. Contudo, mesmo mantidos a baixas temperaturas, têm sido relatadas perdas em alguns dos parâmetros de qualidade do morango, nomeadamente a cor, o conteúdo em antocianinas, e a textura, entre outros. A manutenção da firmeza dos frutos pode ser mantida ou melhorada com recurso a diferentes técnicas pós-colheita (Harker *et al.*, 2000).

Este trabalho tem como principal objectivo a avaliação do comportamento de quatro cultivares de morango: Commitment, Endurance, Ventana e Camarosa durante o armazenamento sob condições ideais de temperatura e humidade relativa.

3.2 Material e métodos

3.2.1 *Preparação dos frutos e condições de armazenamento*

Os frutos foram separados (§ 2.2.2) e a qualidade do fruto avaliada diariamente durante o tempo de armazenamento considerado. Os frutos foram mantidos a temperaturas baixas (4 °C ($\pm 1^\circ\text{C}$)) e elevadas humidades relativas (92% ($\pm 5\%$)) durante 8 dias.

3.2.2 *Avaliação instrumental da qualidade*

As determinações de textura, sólidos solúveis totais, pH, acidez titulável, e conteúdo em antocianinas foram avaliadas de acordo com a metodologia descrita na § 2.2.2.

3.2.3 *Análise estatística*

A análise estatística dos dados foi realizada com recurso a uma análise de variância (ANOVA a dois factores: cultivar, tempo) para determinar se existiam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre as cultivares em estudo, ao longo do tempo. Para o factor tempo foram consideradas duas situações distintas: todos os tempos ou apenas o tempo inicial (0 h) e o final (192 h).

Quando, relativamente ao factor tempo, todos os momentos foram utilizados, verificou-se que havia diferenças significativas que, devido à variabilidade apresentada pelos resultados, eram apenas explicadas por essa variabilidade. Assim, optou-se por eliminar os tempos intermédios e refazer a análise estatística com base na diferença entre o início e o fim do armazenamento.

De referir que para a segunda possibilidade, para alguns dos parâmetros físico-químicos determinados o tempo inicial considerado foi de 24 h e o final de 168 h, dada a inexistência de outros valores.

3.3 Resultados e discussão

3.3.1 Aparência

Ao fim de 8 dias de armazenamento os morangos das quatro cultivares apresentaram um aspecto visual relativamente bom (Figura 14).

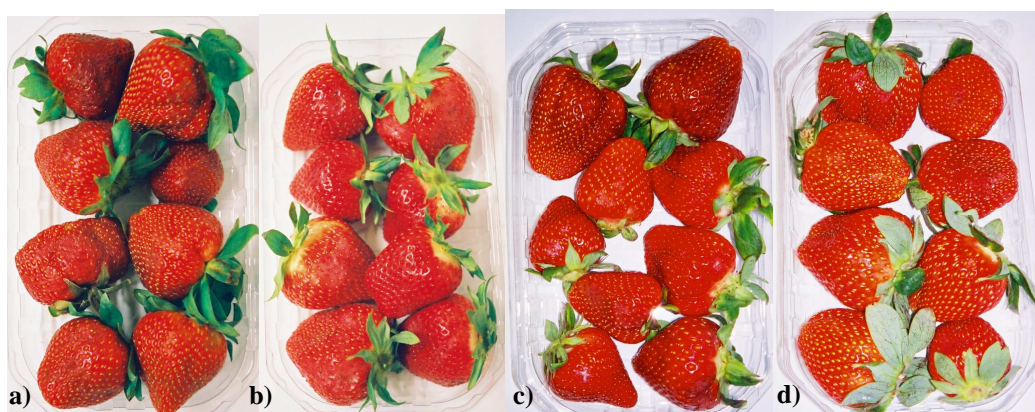


Figura 14: Aspecto dos morangos das cultivares armazenadas a 4 °C no oitavo dia de armazenamento: a) Commitement, b) Endurance, c) Ventana, e d) Camarosa.

3.3.2 Textura

Tem sido, geralmente assumido que, para além para além das diferenças naturais nos valores de firmeza iniciais que caracterizam as cultivares, estas podem também distinguir-se relativamente às alterações sofridas durante o período pós-colheita.

O amolecimento é uma consequência natural do processo de amadurecimento e senescência, mas as alterações s na textura diminuem a resistência mecânica do produto e abreviam o tempo de prateleira.

As alterações nos valores de firmeza máxima ao longo do tempo parecem sugerir um amolecimento dos frutos de todas as cultivares. Efectivamente, apesar dos diferentes valores iniciais, no final do período do armazenamento, todas as cultivares apresentavam uma redução da firmeza externa em comparação com a força obtida após a colheita (ver Figura 15).

Quadro 7: Valores de força máxima (kg) obtidos para medida de firmeza externa e interna de morangos de cultivares, armazenados a 4°C até 8 dias. São apresentados os valores das médias das observações (15 observações para o lado externo e 30 para o interno), e respectivo desvio padrão.

| | Tempo (h) | Commitment | | Endurance | | Ventana | | Camarosa | |
|--------------------|------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|
| | | Média | DP | Média | DP | Média | DP | Média | DP |
| Força Externa (kg) | 0 | 0,069 ^{a, B} | 0,024 | 0,080 ^{a, B} | 0,038 | 0,114 ^{a, A} | 0,028 | 0,114 ^{a, A} | 0,024 |
| | 24 | 0,084 | 0,016 | 0,069 | 0,021 | 0,079 | 0,030 | 0,062 | 0,017 |
| | 48 | 0,063 | 0,012 | 0,062 | 0,027 | 0,108 | 0,033 | 0,079 | 0,024 |
| | 72 | 0,066 | 0,007 | 0,062 | 0,027 | 0,077 | 0,029 | 0,057 | 0,018 |
| | 96 | 0,055 | 0,008 | 0,050 | 0,011 | 0,093 | 0,019 | 0,064 | 0,016 |
| | 120 | 0,076 | 0,022 | 0,052 | 0,018 | 0,067 | 0,024 | 0,073 | 0,015 |
| | 144 | 0,054 | 0,014 | 0,036 | 0,013 | 0,050 | 0,011 | 0,058 | 0,015 |
| | 168 | 0,049 | 0,012 | 0,033 | 0,013 | 0,067 | 0,025 | 0,047 | 0,009 |
| | 192 | 0,048 ^{b, B} | 0,014 | 0,040 ^{b, B} | 0,012 | 0,059 ^{b, A} | 0,023 | 0,059 ^{b, A} | 0,032 |
| Força Interna (kg) | 0 | | | | | | | | |
| | 24 | 0,026 ^{a, B} | 0,005 | 0,016 ^{a, C} | 0,003 | 0,028 ^{a, A} | 0,007 | 0,031 ^{a, A} | 0,010 |
| | 48 | 0,025 | 0,008 | 0,019 | 0,005 | 0,037 | 0,010 | 0,032 | 0,009 |
| | 72 | 0,026 | 0,005 | 0,019 | 0,005 | 0,040 | 0,016 | 0,032 | 0,014 |
| | 96 | 0,023 | 0,004 | 0,019 | 0,005 | 0,038 | 0,010 | 0,026 | 0,008 |
| | 120 | 0,028 | 0,006 | 0,015 | 0,002 | 0,031 | 0,005 | 0,034 | 0,007 |
| | 144 | 0,024 | 0,004 | 0,016 | 0,003 | 0,035 | 0,008 | 0,024 | 0,006 |
| | 168 | 0,023 ^{b, B} | 0,004 | 0,014 ^{b, C} | 0,003 | 0,031 ^{b, A} | 0,009 | 0,025 ^{b, A} | 0,006 |
| | 192 | 0,025 | 0,004 | 0,016 | 0,002 | | | | |

a, b – letras diferentes indicam diferenças significativas na variável tempo; A, B – Grupos homogéneos de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$). As letras maiúsculas diferentes indicam diferenças no factor cultivar.

Foram observadas diferenças significativas na firmeza quer para a cultivar ($p < 0,000$, firmeza externa e interna), quer para o tempo ($p < 0,000$ para firmeza externa e $p = 0,014$

para firmeza interna) (ver Quadro 7) [resultados da ANOVA a dois factores no Anexo 3, Quadro 1 e 3]. Relativamente ao factor tempo foram detectadas diferenças significativas entre o início e o fim do armazenamento, quer medida do lado externo (0 e 192 h) quer do lado interno (24 e 168 h). Assim, as cultivares Ventana e Camarosa apresentaram valores de firmeza exterior e interior superiores às cultivares Commitment e Endurance no fim do período de armazenamento, sendo de referir que relativamente à firmeza interior a cultivar Endurance se revelou menos firme que a Commitment, como pode ser visualizado no Quadro 7 [Anexo 3, Quadro 2 e 4].

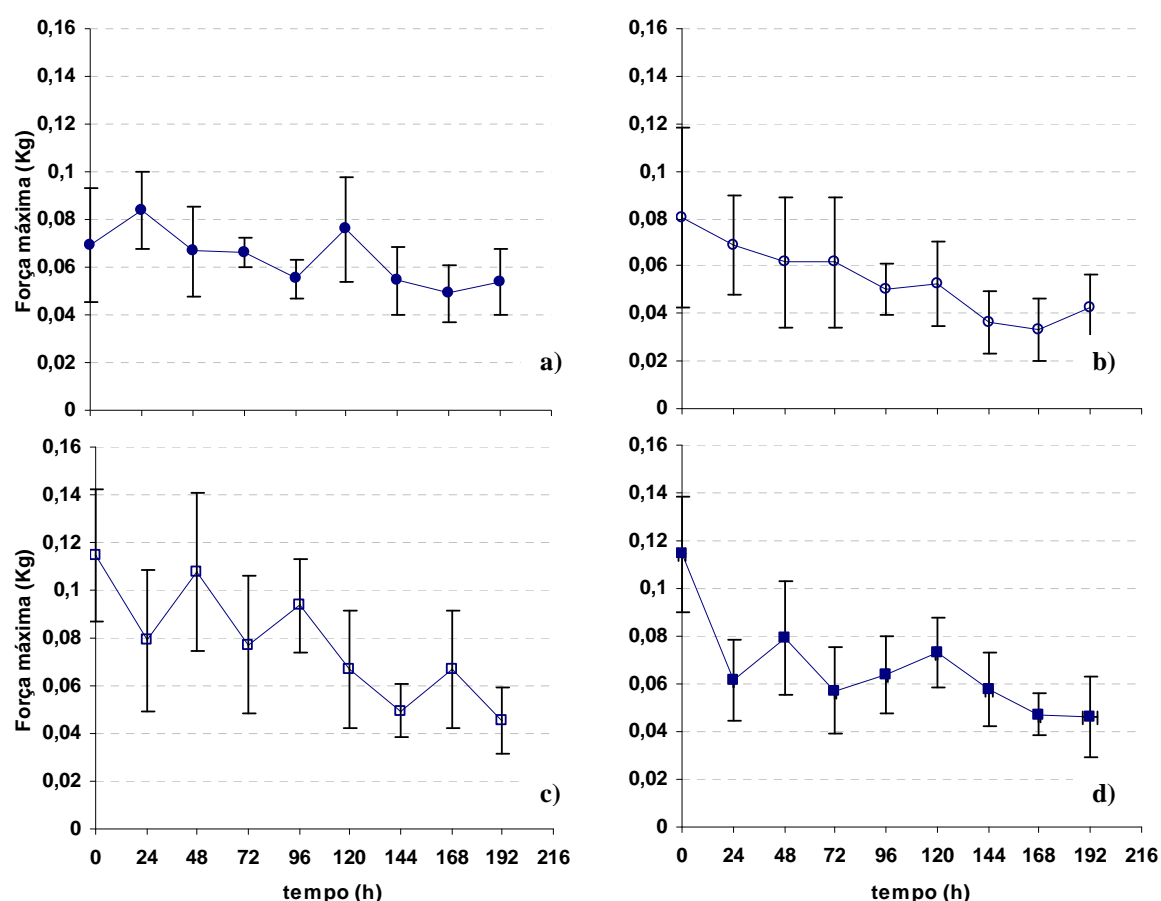


Figura 15: Alterações na firmeza externa (média \pm IC 95%) das 4 cultivares de morango durante o armazenamento a 4°C: a) Commitment, b) Endurance, c) Ventana, e d) Camarosa.

As alterações de textura interna (Figura 16) parecem ser imperceptíveis, mas devido à diminuta variabilidade nas medidas observadas, foram detectadas diferenças significativas, como já foi referido.

Tal como aqui observado, Vicente (2004) também relata uma redução da firmeza de morangos no lado interno e externo, sob condições de refrigeração.

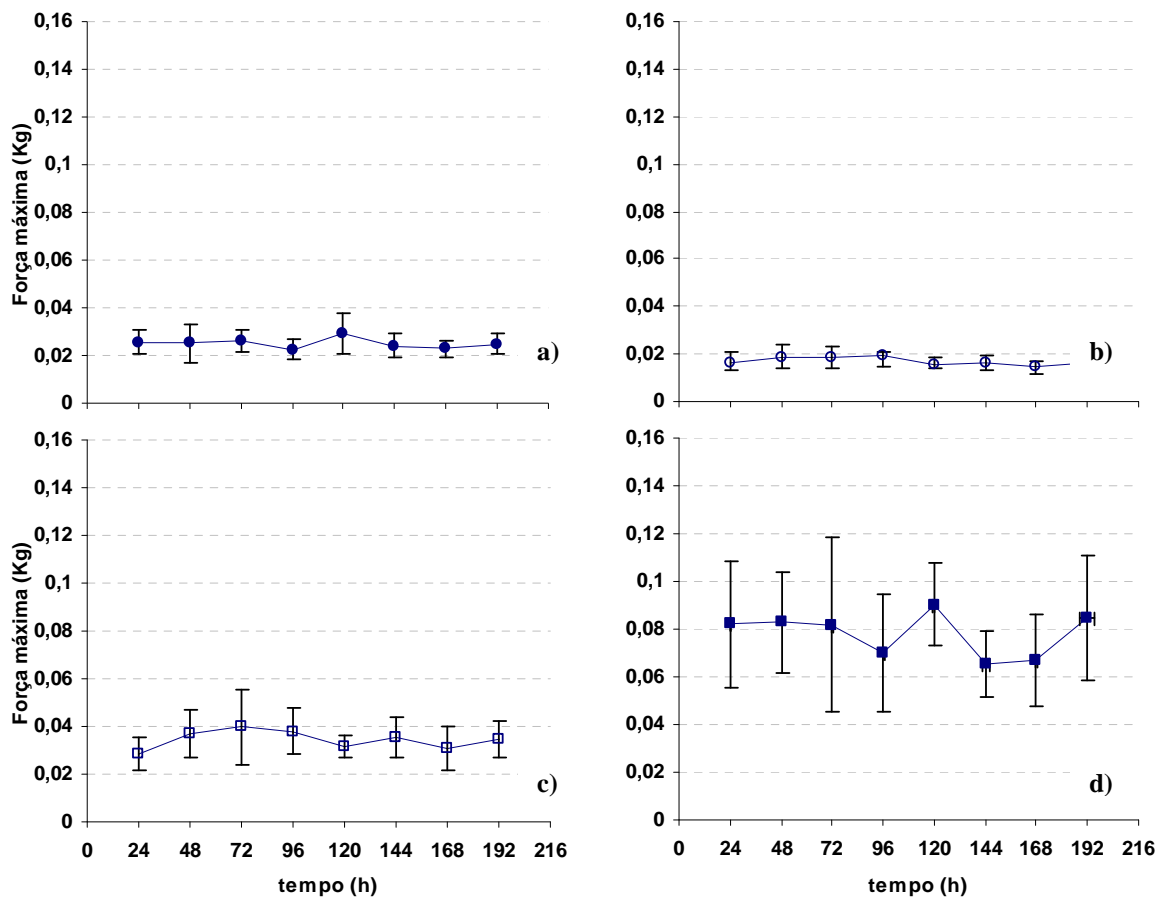


Figura 16: Alterações na firmeza interna (média \pm IC 95%) das 4 cultivares de morango durante o armazenamento a 4°C: a) Commitment, b) Endurance, c) Ventana, e d) Camarosa.

A resistência mecânica ou firmeza é um parâmetro extremamente importante tendo em atenção o transporte e o manuseamento. A firmeza dos são factores característicos das cultivares e sofrem oscilações entre colheitas.

Por outro lado, tem sido frequentemente relatado que a firmeza inicial está relacionada com o tempo de armazenamento do fruto. Frutos mais firmes mantêm melhor a qualidade durante o período de armazenamento (Kader, 1991; Paraskevopoulou-Paroussi *et al.*, 1995).

As cultivares Ventana e Camarosa mantiveram, durante todo do tempo de armazenamento, valores mais elevados de firmeza, conferindo-lhes uma maior resistência mecânica e possivelmente uma melhor escolha em termos de manuseamento.

3.3.3 *Sólidos solúveis totais, acidez titulável e pH*

A Figura 17 apresenta a evolução do teor em sólidos solúveis ao longo das 192 horas de armazenamento.

A quantidade de SST é extremamente variável durante o período de armazenamento em questão, possível resultado da elevada variabilidade existente não só entre as diferentes cultivares, como também entre os frutos de cada cultivar.

Apesar desta variabilidade foi possível detectar diferenças significativas com o tempo ($p < 0,05$), como reportado no Quadro 9 [resultado da ANOVA: ver Anexo 3, Quadro 5], tendo-se verificado um aumento no teor em sólidos solúveis com o tempo. Aqui deve referir-se que é para o tempo final, 192 h, que é detectado esse incremento significativo, e, que, se a análise estatística fosse efectuada apenas até às 168 h não seria detectado este aumento significativo.

Quadro 8: Valores de SST (°Brix), AT (g ácido cítrico /100 g peso fresco) e pH obtidos para morangos de 4 cultivares, armazenados a 4°C até 9 dias. São apresentados os valores das médias de 4 observações de SST, 3 observações de AT e pH, para cada cultivar e tempo, e respectivo desvio padrão.

| | Tempo (h) | Commitment | | Endurance | | Ventana | | Camarosa | |
|-----|------------|-----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|
| | | Média | DP | Média | DP | Média | DP | Média | DP |
| SST | 0 | 7,65 ^{b,B} | 0,64 | 9,60 ^{b,A} | 0,16 | 8,08 ^{b,B} | 0,54 | 8,00 ^{b,B} | 0,41 |
| | 24 | 8,63 | 0,48 | 6,50 | 0,58 | 8,00 | 0,41 | 6,25 | 0,29 |
| | 48 | 8,13 | 0,48 | 8,75 | 0,96 | 7,75 | 1,19 | 7,25 | 0,87 |
| | 72 | 7,13 | 0,48 | 7,00 | 1,15 | 8,25 | 0,29 | 6,35 | - |
| | 96 | 7,25 | 0,44 | 9,15 | 1,10 | 7,08 | 0,30 | 5,45 | 0,41 |
| | 120 | 7,85 | 0,41 | 9,70 | 0,35 | 6,40 | 0,59 | 6,05 | 0,25 |
| | 144 | 7,65 | 0,34 | 8,05 | 1,10 | 8,30 | 0,35 | 7,60 | 0,46 |
| | 168 | 7,60 | 0,16 | 8,25 | 0,87 | 7,95 | 0,10 | 6,95 | 1,22 |
| | 192 | 9,95 ^{a,AB} | 0,87 | 10,2 ^{a,A} | - | 9,10 ^{a,B} | 1,16 | 8,55 ^{a,B} | 1,80 |
| AT | 0 | 0,82 | 0,09 | 0,86 | 0,13 | 0,92 | 0,16 | 0,86 | 0,17 |
| | 24 | 0,79 | 0,22 | 0,89 | 0,04 | 0,76 | 0,07 | 0,81 | 0,03 |
| | 48 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 72 | 0,83 | 0,03 | 0,73 | 0,01 | 0,89 | 0,02 | 0,69 | 0,01 |
| | 96 | 0,79 | 0,01 | 0,82 | 0,15 | 0,83 | 0,04 | 0,66 | 0,03 |
| | 120 | 0,87 | 0,04 | - | - | 0,76 | 0,07 | 0,93 | 0,08 |
| | 144 | 0,85 | 0,05 | 0,82 | 0,05 | 0,81 | 0,06 | 0,84 | 0,23 |
| | 168 | 0,91 | 0,02 | 0,79 | 0,12 | 0,90 | 0,01 | 0,73 | 0,13 |
| | 192 | 0,86 | 0,01 | 0,80 | 0,13 | 0,81 | 0,16 | 0,76 | 0,04 |
| pH | 0 | 3,70 ^A | 0,31 | 3,63 ^A | 0,03 | 3,29 ^B | 0,08 | 3,18 ^B | 0,03 |
| | 24 | 3,45 | 0,08 | 3,59 | 0,03 | 3,63 | 0,12 | 3,14 | 0,08 |
| | 48 | - | - | 3,59 | 0,01 | 3,38 | 0,00 | 3,29 | 0,10 |
| | 72 | 3,33 | 0,04 | 3,48 | 0,03 | 3,39 | 0,02 | 3,36 | 0,04 |
| | 96 | 3,55 | 0,04 | 3,51 | 0,04 | 3,53 | 0,05 | 3,55 | 0,08 |
| | 120 | 3,34 | 0,02 | 3,51 | 0,02 | 3,56 | 0,17 | 3,32 | 0,01 |
| | 144 | 3,35 | 0,02 | 3,55 | 0,05 | 3,48 | 0,03 | 3,49 | 0,03 |
| | 168 | 3,58 | 0,11 | 3,65 | 0,03 | 3,56 | 0,02 | 3,80 | 0,12 |
| | 192 | 3,46 ^A | 0,05 | 3,51 ^A | 0,05 | 3,38 ^B | 0,06 | 3,42 ^B | 0,16 |

a, b – letras diferentes indicam diferenças significativas na variável tempo; A, B – Grupos homogêneos de acordo com o teste Tukey (p < 0,05). As letras maiúsculas diferentes indicam diferenças no factor cultivar.

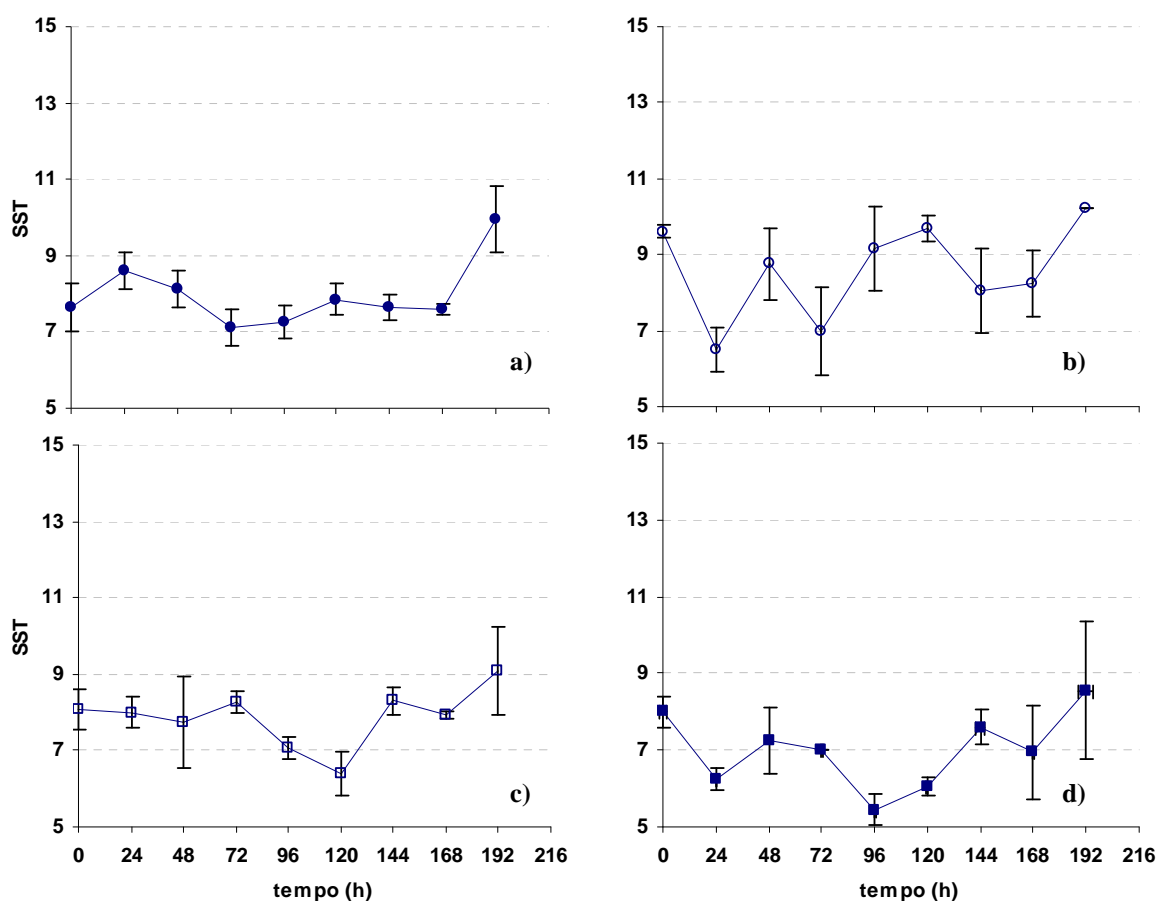


Figura 17: Alterações no teor de SST (média \pm IC 95%) das 4 cultivares de morango durante o armazenamento a 4°C: a) Commitment, b) Endurance, c) Ventana, e d) Camarosa.

Foram ainda detectadas diferenças significativas no valor de SST para as cultivares, sendo as cultivares Endurance e Commitment as que apresentam SST significativamente mais elevados no fim do armazenamento.

Relativamente à AT (Quadro 8, Figura 18) não foram detectadas diferenças significativas com o tempo ($p=0,315$) e com a cultivar ($p=0,927$) [resultado da ANOVA a dois factores no Anexo 3, Quadro 7]. Para além disso, a % de AT em todas as cultivares, durante todo o período de armazenamento, manteve-se, aproximadamente, entre os valores 0,7% e 0,9%, que são valores aceitáveis, embora baixos, para manter a qualidade organoléptica (entre 0,6 e 2,3% (Green, 1971; Montero *et al.*, 1996)).

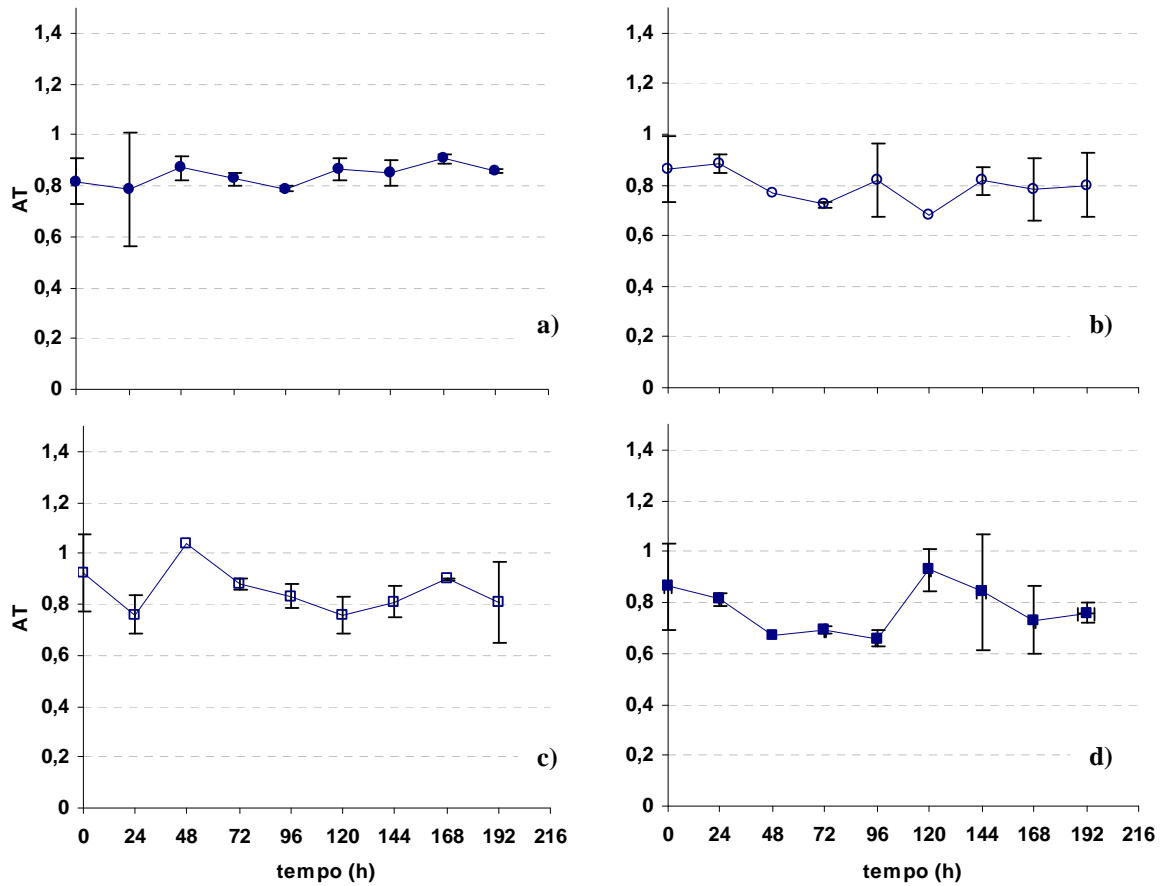


Figura 18: Alterações no teor de AT (média \pm IC 95%) das 4 cultivares de morango durante o armazenamento a 4°C: a) Commitment, b) Endurance, c) Ventana, e d) Camarosa.

Nunes *et al.* (1995) relataram uma diminuição da AT ao fim de uma semana de armazenamento, nas cultivares Chandler, Oso Grande e Sweet Charlie.

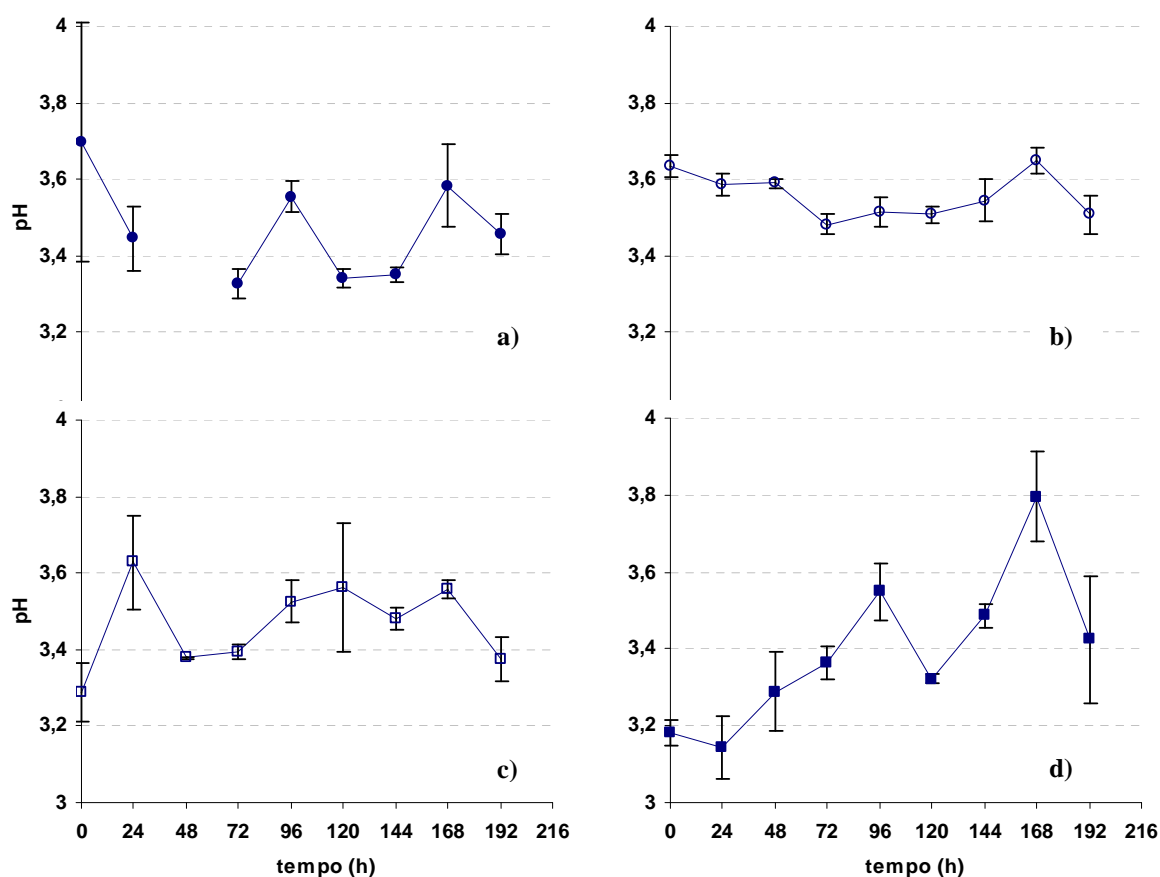


Figura 19: Alterações no pH (média \pm IC 95%) das 4 cultivares de morango durante o armazenamento a 4°C: a) Commitment, b) Endurance, c) Ventana, e d) Camarosa.

Não foram encontradas diferenças significativas nos valores de pH (Quadro 9, Figura 18) ao longo do tempo ($p=0,870$), mas foram observadas diferenças significativas entre as cultivares ($p=0,002$) [resultado da ANOVA a dois factores no Anexo 3, Quadro 8 e 9]. Verificou-se que as cultivares Camarosa e Ventana apresentavam um pH significativamente mais ácido que a Endurance e a Commitment.

Nunes *et al.* (1995) não encontraram diferenças no pH ao fim de uma semana de armazenamento, nas cultivares Chandler, Oso Grande e Sweet Charlie.

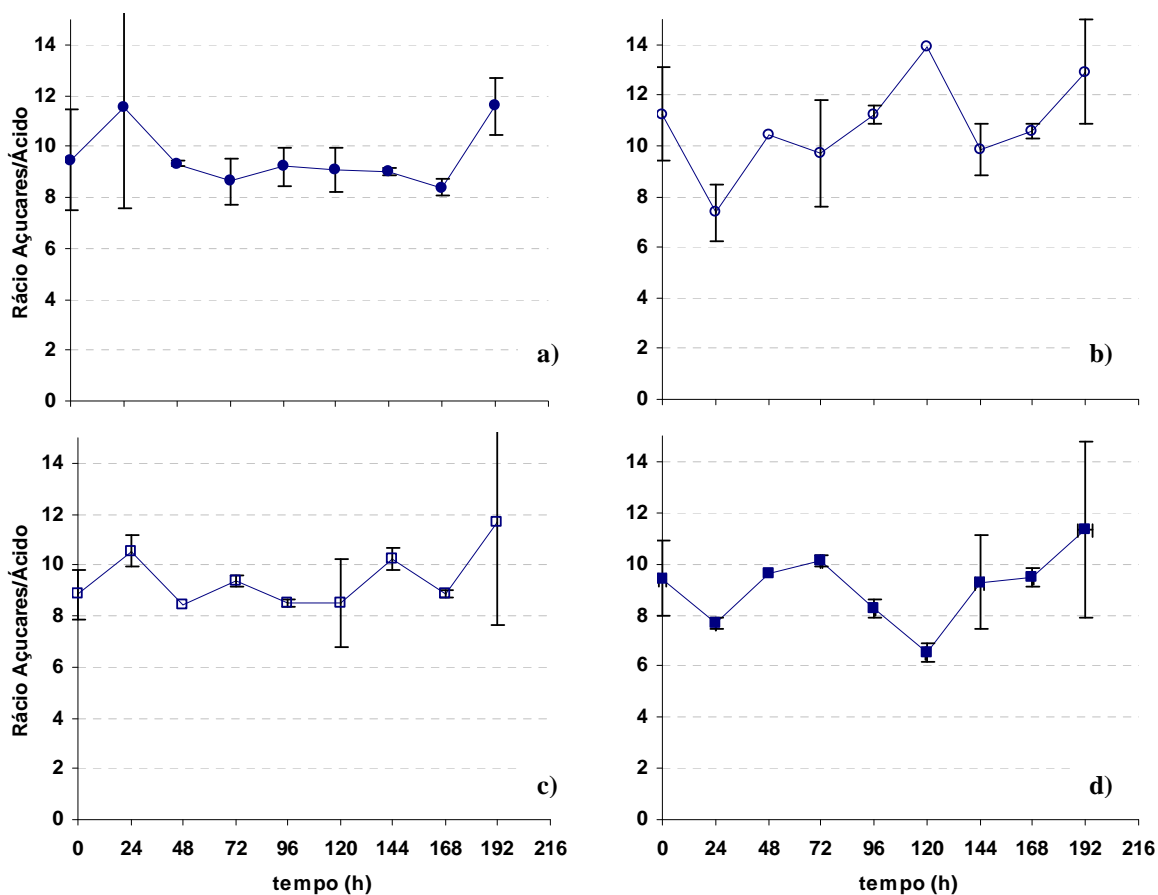


Figura 20: Alterações da razão açúcar/ácido (média \pm IC 95%) das 4 cultivares de morango durante o armazenamento a 4°C: a) Commitment, b) Endurance, c) Ventana, e d) Camarosa.

Após a colheita, os açúcares e os ácidos podem ser usados como substratos na respiração e conseqüentemente, o conteúdo destes componentes tende a diminuir.

Mesmo a temperaturas de refrigeração, tem sido demonstrado uma diminuição dos açúcares e da acidez titulável (Holcroft e Kader, 1999a,b; Gil *et al.*, 1997).

Sensorialmente, já foi referido, que quando o rácio ácido/doce é demasiado baixo, o fruto é percebido como pouco saboroso (Aked, 2002).

Os dados deste ensaio (Figura 20) mostram que não há diferenças significativas, nem com o tempo ($p=0,06$) nem com a cultivar ($p=0,564$). No entanto, reflectindo as tendências

observadas nos resultados de SST, também para esta razão se observa valores com tendência para aumentar no final do tempo de armazenamento.

3.3.4 *Conteúdo em Antocianinas*

As antocianinas são compostos instáveis e podem sofrer alterações de cor ou degradação dependendo das condições de exposição do produto, como sejam o pH (Gil *et al.*, 1997), a temperatura (Holkroft e Kader, 1999), e a concentração de O₂ e/ou CO₂ (Kader *et al.*, 1992; Gil *et al.*, 1997). A presença de enzimas e a perda de água (Kalt *et al.*, 1993) podem também afectar o perfil das antocianinas.

A Figura 21 apresenta as alterações das concentrações de antocianinas nos morangos das 4 cultivares durante o armazenamento.

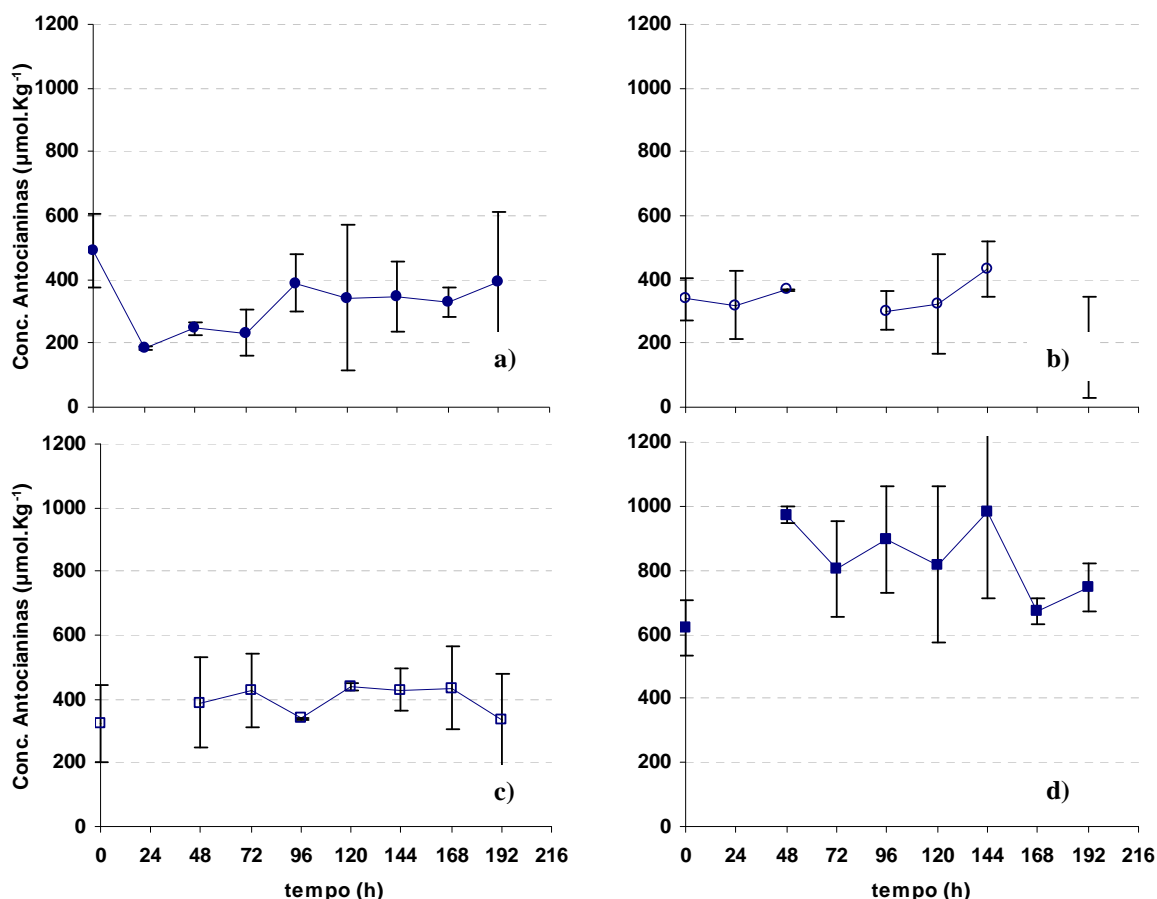


Figura 21: Alterações na concentração de Antocianinas (média \pm IC 95%) das 4 cultivares durante o armazenamento a 4°C: a) Commitment, b) Endurance, c) Ventana, e d) Camarosa

Não foram encontradas diferenças significativas nos valores de concentração em antocianinas (Quadro 9, Figura 21) ao longo do tempo ($p=0,615$), mas foram observadas diferenças significativas entre as cultivares ($p<0,000$) [resultado da ANOVA a dois factores no Anexo 3, Quadro 11 e 12]. Verificou-se que a cultivar Camarosa é a que possui concentração mais elevada de Antocianinas e a Endurance os níveis mais baixos.

Alguns autores consideram que a via biossintética das antocianinas se mantém operativa mesmo a baixas temperaturas (Holkroft e Kader, 1999), fomentando um aumento contínuo de antocianinas durante o período de armazenamento (Civello, *et al.*, 1997; Gil *et al.*, 1997; Kalt *et al.*, 1993).

Nunes *et al.*, (1995) obtiveram uma diminuição de 43% no conteúdo de antocianinas de morangos não embalados armazenados a 1°C, durante 8 dias. Sistrunk e Morris (1978) relataram também diminuição do conteúdo em antocianinas, dependente da temperatura e do tempo de armazenamento. Forney *et al.* (1996) não encontraram diferenças no conteúdo de antocianinas após 5 dias de armazenamento sob temperaturas de refrigeração.

Quadro 9: Valores de concentração de Antocianinas ($\mu\text{mol/kg}$) obtidos para morangos de 4 cultivares, armazenados a 4°C até 8 dias. São apresentados os valores das médias das 4 observações para cada cultivar e tempo, e respectivo desvio padrão.

| Tempo (h) | Commitment | | Endurance | | Ventana | | Camarosa | |
|------------|----------------------------|---------------|---------------------------|---------------|----------------------------|---------------|---------------------------|--------------|
| | Média | DP | Média | DP | Média | DP | Média | DP |
| 0 | 491,73^{BC} | 114,17 | 338,17^C | 67,83 | 646,68^{AB} | 237,20 | 621,50^A | 87,21 |
| 24 | 184,43 | 7,76 | 317,76 | 106,63 | - | - | 796,96 | - |
| 48 | 122,74 | 142,12 | 366,48 | 4,02 | 777,78 | 284,91 | 972,43 | 26,16 |
| 72 | 233,19 | 70,50 | 123,58 | 142,82 | 853,30 | 235,47 | 803,50 | 150,14 |
| 96 | 389,20 | 90,58 | 301,15 | 59,65 | 338,19 | 390,54 | 896,14 | 166,75 |
| 120 | 341,70 | 228,62 | 325,27 | 155,56 | 878,40 | 1014,76 | 817,20 | 245,76 |
| 144 | 345,61 | 111,88 | 432,13 | 85,17 | 854,75 | 133,10 | 981,44 | 268,38 |
| 168 | 330,52 | 46,49 | - | - | 870,76 | 260,58 | 671,93 | 37,78 |
| 192 | 389,53^{BC} | 221,99 | 188,73^C | 159,93 | 669,45^{AB} | 293,89 | 745,67^A | 75,32 |

A, B, C – Grupos homogêneos de acordo com o teste Tukey ($p < 0,05$), factor cultivar.

3.3.5 Perda de peso

As perdas de água por transpiração, principal causa de perda de peso, originam alterações morfológicas importantes que podem afectar a cor (Kalt *et al.*, 1993) e a textura do fruto.

Como pode ser visualizado na Figura 22, foram encontradas diferenças significativas nos valores de % de perda de peso (Quadro 10) ao logo do tempo ($p < 0,000$), mas não foram observadas diferenças significativas entre as cultivares ($p < 0,130$) [resultado da ANOVA a dois factores no Anexo 3, Quadro 13].

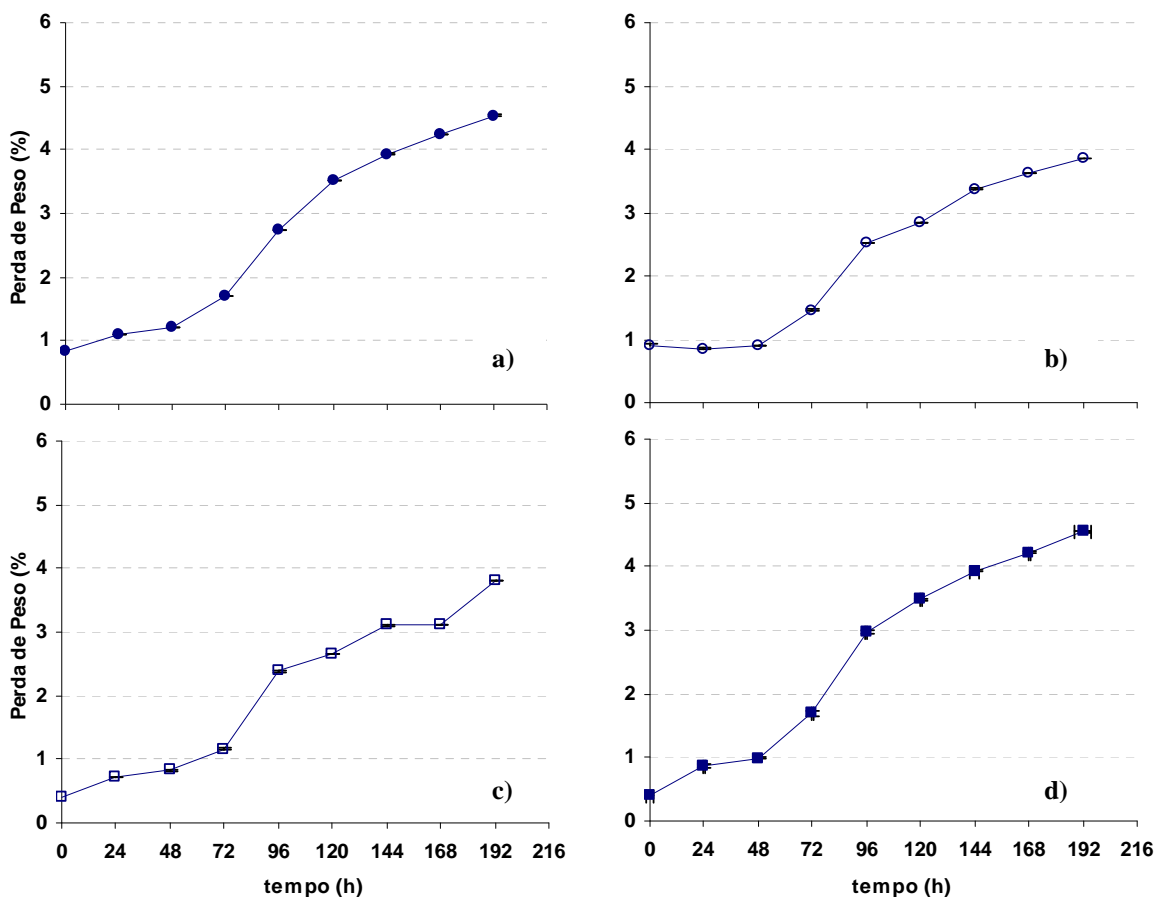


Figura 22: Perda de peso (%) (média ± IC 95%) das 4 cultivares durante o armazenamento a 4°C: a) Commitment, b) Endurance, c) Ventana, e d) Camarosa.

Quadro 10: Valores de perda de peso (%) obtidos para morangos de 4 cultivares, armazenados a 4°C até 9 dias. São apresentados os valores das médias das 3 observações para cada cultivar e tempo, e respectivo desvio padrão.

| Tempo (h) | Commitment | | Endurance | | Ventana | | Camarosa | |
|------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|-------------|
| | Média | DP | Média | DP | Média | DP | Média | DP |
| 0 | | | | | | | | |
| 24 | 0,85^B | 0,17 | 0,91^B | 0,18 | 0,41^B | 0,11 | 0,40^B | 0,05 |
| 48 | 1,09 | 0,20 | 0,85 | 0,47 | 0,72 | 0,26 | 0,87 | 0,16 |
| 72 | 1,22 | 0,26 | 0,89 | 0,51 | 0,83 | 0,27 | 0,99 | 0,23 |
| 96 | 1,69 | 0,25 | 1,46 | 0,33 | 1,16 | 0,43 | 1,69 | 0,65 |
| 120 | 2,74 | 0,55 | 2,52 | 0,72 | 2,39 | 0,38 | 2,96 | 0,88 |
| 144 | 3,52 | 0,72 | 2,84 | 0,69 | 2,66 | 0,35 | 3,49 | 0,91 |
| 168 | 3,93 | 0,57 | 3,38 | 0,71 | 3,10 | 0,39 | 3,92 | 1,07 |
| 192 | 4,24^A | 0,65 | 3,62^A | 0,61 | 3,11^A | 0,62 | 4,23^A | 0,98 |

a, b – letras diferentes indicam diferenças significativas na variável tempo.

Qualquer uma das cultivares sofreu perdas de peso acentuadas, principalmente a partir das 72 h de armazenamento, ocorreu uma aceleração da perda de peso em todas as cultivares estudadas. As perdas de peso foram significativas, atingindo um máximo de 4,24%, 3,62%, 3,11% e 4,23% para as cultivares Commitment, Edurance, Ventana e Camarosa, respectivamente.

Os morangos deixam de ser considerados comercializáveis quando perdem 6 % do seu peso inicial e nenhuma das cultivares apresentou perdas de pesos superiores a 6 %. Outros trabalhos têm também demonstrado que após 10 dias de armazenamento, morangos mantidos a 0 e a 10°C, em condições ótimas de humidade relativa, tiveram um máximo de 4 % de perda de peso.

3.4 Conclusões

Foram observadas diferenças significativas na firmeza quer para a cultivar, quer para o tempo, tanto para a firmeza externa como para a interna, sendo que as cultivares Ventana e Camarosa apresentaram valores de firmeza exterior e interior superiores às cultivares Commitment e Edurance no fim do período de armazenamento.

Detectou-se um incremento significativo no SST com o tempo, o que poderá ser, eventualmente, consequência da perda de água observada.

Foi também detectada diferença significativa no valor de SST com a cultivar, sendo as cultivares Commitment e Edurance as que apresentam SST significativamente mais elevados no fim do armazenamento.

Relativamente à AT não foram detectadas diferenças significativas com o tempo e a cultivar.

Não foram encontradas diferenças significativas nos valores de pH com o tempo, mas foram observadas diferenças significativas entre as cultivares. Verificou-se que as cultivares Camarosa e Ventana apresentavam um pH significativamente mais baixo (mais ácido) que a Endurance e a Commitment.

Não foram encontradas diferenças significativas nos valores de concentração em Antocianinas com o tempo, mas foram observadas diferenças significativas entre as cultivares, sendo a cultivar Camarosa a que possui concentração mais elevada de antocianinas e a Endurance o mais baixo.

Foram encontradas diferenças significativas nos valores de % de perda de peso com o tempo, mas não com a cultivar, ainda que os valores tenham sido inferiores a 5%, pelo que, ao fim de 9 dias de armazenamento a 4°C e elevada humidade relativa ainda não perderam o seu valor comercial.

Globalmente, as cultivares Commitment e Endurance apresentam menor firmeza, valores de SST e de pH mais elevado, e concentração de antocianinas mais baixa.

Capítulo 4

ANÁLISE DO EFEITO DA TEMPERATURA E DO TEMPO NA TAXA DE RESPIRAÇÃO DE MORANGO FRESCO

O objectivo deste estudo foi o de avaliar o efeito da temperatura e do tempo na taxa de respiração de morango armazenado em atmosferas normais (ambiente).

A taxa de respiração foi determinada recorrendo ao método do sistema fechado.

Verificou-se, tal como esperado, que as taxas de respiração de morango aumentam com a temperatura. Foi ainda verificado que, nas condições testadas, a taxa de respiração não é alterada ao longo do tempo de armazenamento, factor muito importante no design de EAM.

4.1 Introdução

A taxa de respiração é influenciada pelas condições ambientais a que o produto está sujeito (Kader, 1987). A temperatura é de longe o factor com mais impacto na taxa de respiração de produtos hortofrutícolas e, conseqüentemente, assume um papel central na manutenção da qualidade. A velocidade de uma reacção biológica pode aumentar ou triplicar por cada aumento de 10°C de temperatura (Kader, 1987; Exama *et al.*, 1993).

Dada a importância, este parâmetro é incluído nos modelos de taxas de respiração de diferentes produtos, sendo fulcral para definir os requisitos óptimos para a embalagem (Hagger *et al.*, 1992; Lakakul *et al.*, 1999; Zhu *et al.*, 2001, 2002).

O morango, pela sua elevada actividade metabólica, traduzida em altas taxas de respiração é um fruto altamente perecível, sujeito às mais diversas perdas durante toda a fase de pós colheita e deve, por isso, ser mantido a baixas temperaturas. A 0 °C, a taxa de respiração dos morangos intactos varia entre 12 e 20 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹, a 10°C a taxa de respiração pode atingir 50 to 100 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹ e a 20°C aumenta para 100 a 200 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹ (Mitcham, 2004).

A previsão das alterações da taxa de respiração ao longo do tempo do armazenamento é também de extrema importância, pelo facto de que se a taxa de respiração não for constante ao longo do período de armazenamento, pode originar uma importante alteração nos gases dentro da embalagem.

Este trabalho teve como principal objectivo a avaliação do efeito da temperatura e do tempo na taxa de respiração de morango.

4.2 Material e métodos

4.2.1 *Preparação dos frutos*

Os morangos da cultivar Camarosa foram obtidos num mercado local, no dia de realização dos ensaios e imediatamente transportados para o laboratório. Os frutos foram escolhidos, retirando-se todos os morangos com sinais visíveis de podridão ou de qualquer outro defeito físico.

Os morangos frescos da cultivar Ventana foram obtidos directamente do produtor da região do Ribatejo e produzidos de acordo com as práticas de protecção integrada. Os morangos pré-arrefecidos foram transportados para o laboratório, seleccionados tendo o cuidado de escolher frutos uniformes em grau de maturação, dimensão e cor e utilizados para a medição das taxas de respiração.

4.2.2 *Medição da Evolução de O₂ e CO₂ em sistema fechado*

As taxas de respiração (RO₂ e RCO₂) foram determinadas pelo método de sistema fechado (Henig e Gilbert, 1975; Cameron *et al.*, 1989; Hagggar *et al.*, 1992; Song *et al.*, 1992; Ratti *et al.*, 1996; Fishman *et al.*, 1996; Jacxsens *et a.*, 1999; Song *et al.* 2002).

Para esse efeito, utilizaram-se frascos de vidro (1,9 L) estanques nos quais se colocaram, aproximadamente, 0,300 kg de morangos. Para cada conjunto de condições foram utilizadas três réplicas (em algumas situações foram utilizadas 4 réplicas). As amostras foram armazenadas em frascos abertos, à temperatura da experiência numa câmara com controlo da temperatura e humidade relativa. No início do período de medição, e selados com vaselina (tampa) para evitar quaisquer trocas gasosas e acondicionados à temperatura a que a experiência iria decorrer (20, 16, 12, 8 e 4 °C ± 1

°C), numa câmara (Figura 23) de 700 L de capacidade (Frigoríficos MonteBranco, Lda., Porto, Portugal). Ao longo do tempo, em intervalos regulares (geralmente de 30 minutos), a composição gasosa (%O₂, %CO₂) dentro dos frascos foi medida, e registada, com um analisador de gases (Checkmate-9900, PBI Dansensor, Dinamarca) através de um septo colocado no centro da tampa do frasco (Figura 24).



Figura 23: Frascos para a medição de taxas respiratórias colocados dentro da câmara de armazenamento.



Figura 24: Medição da concentração em oxigénio e dióxido de carbono em sistema fechado.

Para a experiência de verificação do efeito do tempo, após a primeira medição de taxa respiratória, equivalente ao tempo zero (tendo decorrido 3 horas) foram abertas as válvulas dos frascos para permitir a renovação da atmosfera ambiente dentro do frasco (foi verificado que esta era obtida). A tampa não foi aberta para evitar uma possível desidratação dos frutos. As válvulas das tampas foram novamente fechadas após cinco horas e as taxas de respiração medidas por mais três horas. Decorrido esse tempo, as válvulas foram novamente abertas durante 13 horas. Este processo foi repetido diariamente até ao final do armazenamento dos morangos.

Os ensaios para avaliação do efeito do tempo foram realizados até verificação de sinais exteriores de deterioração do morango.

4.2.3 *Cálculo das Taxas de Respiração*

As taxas de respiração foram determinadas de acordo com o O₂ consumido ou o CO₂, através das seguintes expressões:

$$R_{O_2} = (y^{t_i}_{O_2} - y^{t_f}_{O_2}) \times V / ((100 \times M \times (t_f - t_i)))$$

$$R_{CO_2} = (y^{t_f}_{CO_2} - y^{t_i}_{CO_2}) \times V / ((100 \times M \times (t_f - t_i)))$$

onde: R_{O_2} , R_{CO_2} é a taxa de respiração em termos de oxigénio consumido e dióxido carbono libertado (mL/kg/h); y é a concentração dos gases O₂ e CO₂ (%); V é o volume livre dentro do frasco (mL); M é a massa de produto (kg); t é o tempo (h).

4.2.4 *Análise Estatística dos Dados*

A análise dos resultados experimentais foi efectuada por aplicação da análise de variância (ANOVA a dois factores), apresentando a temperatura e o tempo como factores fixos. Quando necessário, recorreu-se aos testes de HSD Tukey ou ao LSD para identificar as diferenças significativas.

4.3 Resultados e discussão

4.3.1 Efeito da temperatura

a) Camarosa

A Figura 25 mostra a tendência da taxa de respiração e quociente respiratório observado a 4, 12 e 20 °C.

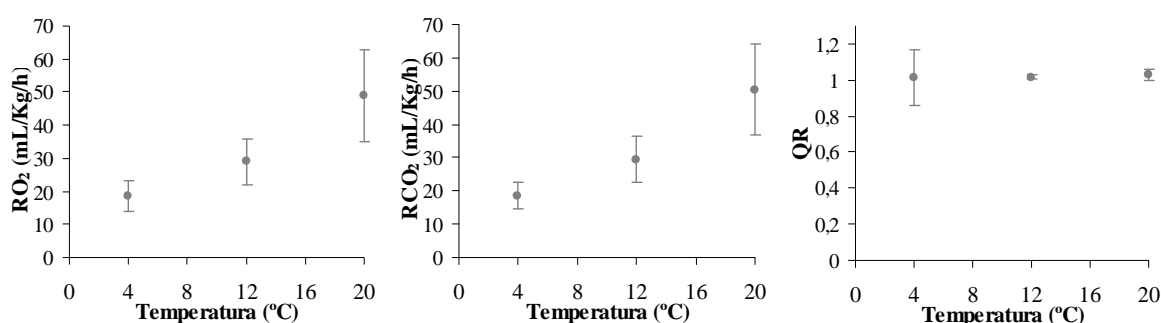


Figura 25: Efeito da temperatura nas taxas de respiração (em termos de O₂ e CO₂) para morangos da cultivar Camarosa. O símbolo ● representa a média das observações e as barras representam o intervalo de confiança a 95%.

A taxa de respiração (em termos de O₂ consumido) dos morangos armazenados a 4 °C foi de 18,5 mL/kg/h (desvio padrão de 2,8 mL/kg/h), sofrendo um aumento de cerca de 62% quando armazenados a 20°C (49,0 (8,0) mL/kg/h). As taxas de respiração em termos de CO₂ libertado são semelhantes às do oxigênio consumido (Quadro 11), resultando num quociente respiratório (QR) próximo do 1. A análise estatística revela que há diferenças significativas na taxa de respiração (RO₂ e RCO₂) com a temperatura ($p < 0,000$) [resultados da ANOVA no Anexo 3, Quadro 14, 17 e 20], mas que o QR não é dependente da temperatura ($p = 0,827$).

Desta forma, conclui-se que as taxas de respiração do morango (RO_2 e RCO_2) são significativamente mais elevadas para a temperatura mais elevada ($p < 0,05$) [Anexo 3, Quadro 15, 16, 18 e 19].

Quadro 11: Valores de taxa de respiração (mL/kg/h) obtida para morango da cultivar Camarosa, a diferentes temperaturas ($^{\circ}C$).

| IC 95% | | | | | | |
|----------------------|-------------------|---|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | T ($^{\circ}C$) | n | Média (DP) | Limite inferior | Limite superior | Mínimo – Máximo |
| RO_2 (mL/kg/h) | 4 | 4 | 18,5 ^c (2,8) | 14,1 | 22,9 | 15,87 - 22,39 |
| | 12 | 4 | 29,0 ^b (4,0) | 22,5 | 35,4 | 23,07 - 31,99 |
| | 20 | 4 | 49,0 ^a (8,0) | 36,2 | 61,8 | 37,99 - 57,17 |
| RCO_2 (mL/kg/h) | 4 | 4 | 18,6 ^c (2,3) | 15,0 | 22,3 | 16,11 - 21,24 |
| | 12 | 4 | 29,4 ^b (4,0) | 23,0 | 35,7 | 23,54 - 32,16 |
| | 20 | 4 | 50,4 ^a (7,9) | 37,8 | 63,0 | 39,09 - 57,46 |
| QR | 4 | 4 | 1,01 (0,09) | 0,87 | 1,15 | 0,92 - 1,10 |
| | 12 | 4 | 1,02 (0,01) | 1,01 | 1,03 | 1,01 - 1,02 |
| | 20 | 4 | 1,03 (0,02) | 1,01 | 1,06 | 1,01 - 1,05 |

a, b, c – letras diferentes indicam diferenças significativas na variável tempo; Grupos homogêneos de acordo com o teste LSD ($p < 0,05$).

b) Ventana

A Figura 26 mostra a tendência da taxa de respiração e quociente respiratório observado a 4, 12 e 20 $^{\circ}C$.

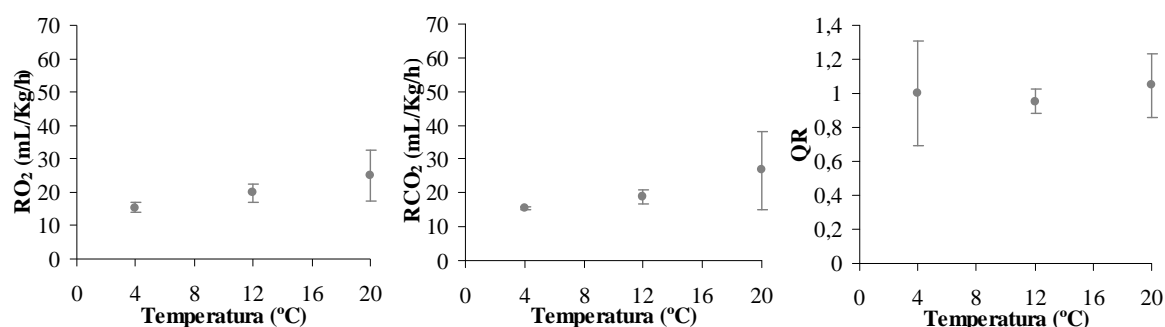


Figura 26: Efeito da temperatura nas taxas de respiração (em termos de O₂ e CO₂) para morangos da cultivar Ventana. O símbolo ● representa a média das observações e as barras representam o intervalo de confiança a 95%.

Quadro 12: Valores de taxa de respiração (mL/kg/h) obtida para morango da cultivar Ventana, a diferentes temperaturas (°C).

| IC 95% | | | | | | |
|-------------------------------|--------|---|-------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | T (°C) | n | Média (DP) | Limite inferior | Limite superior | Mínimo – Máximo |
| RO ₂ (mL/kg/h) | 4 | 3 | 5,2 ^c (1,3) | 1,9 | 8,4 | 3,70 - 6,17 |
| | 12 | 4 | 18,3 ^b (3,9) | 12,2 | 24,5 | 13,74 - 22,88 |
| | 20 | 2 | 27,8 ^a (3,6) | - | - | 25,30 - 30,36 |
| RCO ₂ (mL/kg/h) | 4 | 3 | 5,8 ^c (0,3) | 4,9 | 6,6 | 5,49 - 6,16 |
| | 12 | 4 | 17,8 ^b (2,7) | 13,5 | 22,1 | 14,79 - 21,37 |
| | 20 | 2 | 31,3 ^a (3,5) | - | - | 28,83 - 33,76 |
| QR | 4 | 3 | 1,17 (0,28) | 0,48 | 1,86 | 1,00 - 1,49 |
| | 12 | 4 | 0,99 (0,09) | 0,84 | 1,13 | 0,89 - 1,08 |
| | 20 | 2 | 1,13 (0,02) | 0,93 | 1,32 | 1,11 - 1,14 |

a, b, c – letras diferentes indicam diferenças significativas na variável tempo; Grupos homogêneos de acordo com o teste HSD Tukey ($p < 0,05$).

Também neste caso se verifica um notório aumento da taxa de respiração (mL/kg/h de O₂ ou de CO₂) dos morangos com o aumento da temperatura, passando de 5,2 mL de O₂/kg/h para a respiração mediada a 4°C, para 27,8 mL de O₂/kg/h a 20°C, um aumento de cerca de 81%.

As taxas de respiração em termos de CO₂ libertado são semelhantes às do oxigénio consumido (Quadro 12, resultando num quociente respiratório (QR) próximo do 1. A análise estatística revela que há diferenças significativas na taxa de respiração do morango

Ventana (RO_2 e RCO_2) com a temperatura ($p < 0,000$) [resultados da ANOVA no Anexo 3, Quadro 14, 17 e 20]. Mais uma vez, verifica-se que o QR não é dependente da temperatura ($p = 0,397$).

4.3.2 *Efeito do tempo*

a) Camarosa

A evolução da taxa de respiração de Morangos Camarosa para diferentes temperaturas está representada na Figura 27 (dados no Anexo 3, Quadro 21). Relembra-se que o morango utilizado neste ensaio foi adquirido num mercado local e não se conhecia a história das temperaturas de armazenamento a que esteve sujeito, pelo que o seu tempo de vida estaria, logo à partida, diminuído.

O ensaio decorreu durante um período de tempo superior ao apresentado para algumas das temperaturas, como foi o caso de 20, 16 e 12 °C, mas esses valores de taxa respiratória não foi incluído pois verificou-se que para esses tempos os frutos já apresentavam crescimento microbiano na superfície e as respectivas taxas pareciam estar afectadas por essa fermentação não desejada. O aumento na taxa de respiração verificado após cada um dos tempos de vida útil foi atribuído ao crescimento microbiano como descrito na literatura (Woodward e Topping, 1972; El-Kazzaz, *et al.*, 1983; Kays, 1991).

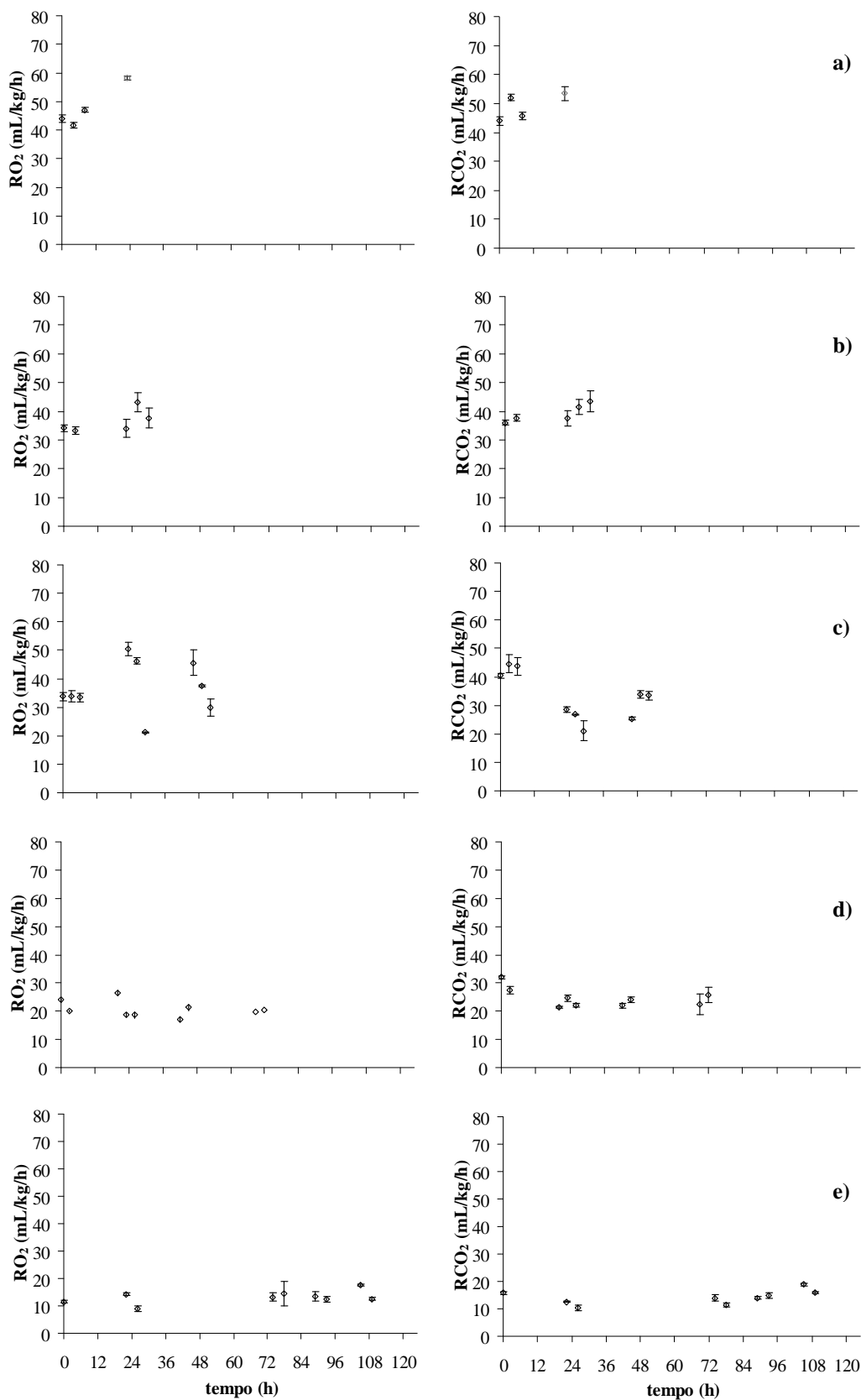


Figura 27: Evolução da taxa de respiração em termos de O₂ e CO₂ para morangos da cultivar Camarosa armazenados a: a) 20°C; b) 16°C; c) 12°C; d) 8°C; e) 4°C. O símbolo (○) representa a média das observações e a barra representa o erro padrão.

A taxa de respiração não evidencia qualquer tendência específica ao longo do tempo para qualquer das temperaturas estudadas (T=4°C: p=0,092; T=8°C: p=0,076; T=16°C: p=0,157; T=20°C: p=0,093) [resultado das ANOVAs no Anexo 3, Quadro 22]. Parece haver uma exceção para a temperatura 12 °C (p=0,000), mas a visualização do gráfico (Figura 24 c)) e dos resultados da comparação múltipla à posteriori (Anexo 3, Quadro 23) permitiram concluir que se trata de uma variabilidade que não apresenta uma tendência concreta, nem crescente nem decrescente, e que poderá ser, eventualmente, devida a algum erro experimental, já que também se verifica que a variabilidade do lote parece sobrepor-se ao efeito da temperatura, dado que, ao contrário do que seria esperado, a taxa de respiração a 16°C é ligeiramente inferior à taxa de respiração obtido quando os frutos foram mantidos a 12°C.

b) Ventana

Tendo obtido resultados relativos à ausência de efeito temporal ligeiramente discordantes a 12 °C para morango da cultivar Camarosa, foi realizado um ensaio com morango da cultivar Ventana, a esta temperatura (12° C), em que se pretendia confirmar que a taxa de respiração não se altera ao longo do tempo (dados no Anexo 3, Quadro 24).

Conforme se pode verificar na Figura 28, para a temperatura de 12°C, a respiração dos frutos mantêm-se constante ao longo do tempo, não tendo sido detectadas diferenças significativas para a média das taxas de respiração (RO₂: p= 0,088; RCO₂: p=0,743) [resultado das ANOVAs no Anexo 3, Quadro 25].

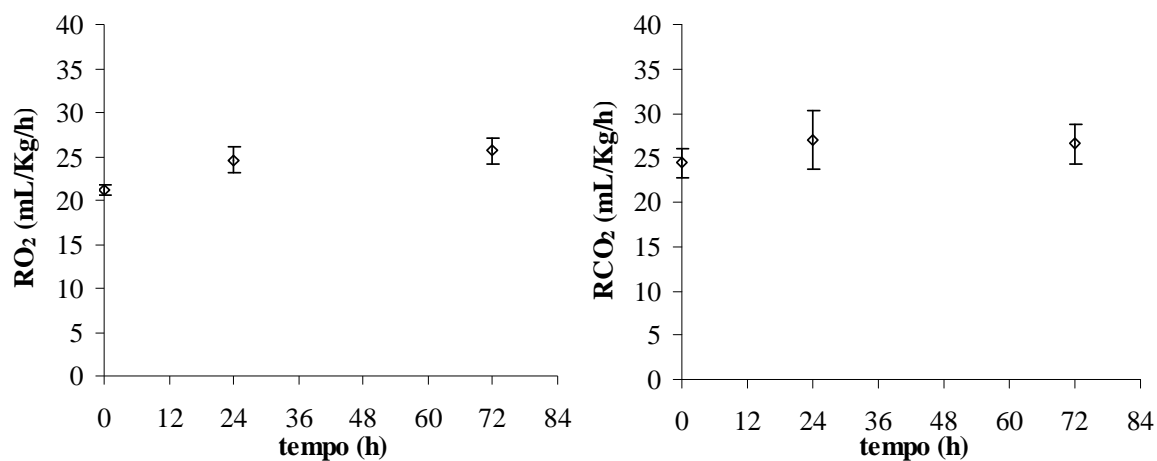


Figura 28: Evolução da taxa de respiração em termos de O₂ e CO₂ para morangos da cultivar Ventana, à temperatura de 12°C.

4.4 Conclusões

A temperatura tem um efeito determinante nas taxas de respiração de morango fresco.

Nas condições testadas, não foi verificado o efeito do tempo nas taxas de respiração de morango fresco.

De acordo com estes resultados, será possível estimar a taxa de respiração de morangos de diferentes cultivares, sem desta forma ocorrer os efeitos indesejáveis decorrentes de uma EAM.

Capítulo 5

ANÁLISE DO EFEITO DA TEMPERATURA E DA CONCENTRAÇÃO GASOSA NA TAXA DE RESPIRAÇÃO DE MORANGO FRESCO

O objectivo deste estudo foi o de avaliar o efeito da temperatura e da composição gasosa, distinta da atmosférica, na taxa de respiração de morango.

A taxa de respiração foi determinada recorrendo ao método do sistema fechado.

Verificou-se, tal como esperado, que a temperatura é um factor importante para a diminuição da taxa de respiração de morangos. Independentemente da temperatura, a concentração de 5% O₂ induz condições anaeróbicas nos frutos. Para 10% O₂, com 15 ou 20 % CO₂ é possível diminuir as taxas de respiração de morangos, factor a ter em conta se quando se pretende fazer o design de uma EAM para morango.

O QR do morango parece depender da concentração gasosa em O₂ e CO₂, mas não é dependente da temperatura, nem foi encontrada interacção entre combinação gasosa e temperatura.

5.1 Introdução

As taxas de respiração de produtos hortofrutícolas dependem da temperatura e da quantidade de oxigénio e dióxido de carbono disponíveis no ambiente envolvente (Watkins, 2000).

Dependendo dos produtos, é necessário um mínimo de 1 a 3% de oxigénio para manter o metabolismo aeróbio. Quando a concentração de oxigénio atinge níveis inferiores a estes, as reacções de descarboxilização na via metabólica são inibidas e as plantas passam a executar a fermentação como via alternativa (Kader, 1987). O efeito do dióxido de carbono depende do tipo e maturidade de produto, da gama de concentrações e do tempo de exposição (Li e Kader, 1989; Talasila *et al.*, 1992; Hertog *et al.*, 1999; Smith e Skog, 1992; Watkins *et al.*, 1999).

O sistema de embalagem e a temperatura de armazenamento influenciam a estabilidade de produtos hortofrutícolas, sendo factores de conservação extremamente importantes. Assim, para além da correcta gestão da temperatura e manutenção da temperatura de refrigeração, pode recorrer-se a outras técnicas como a EAM, que, ao actuar directamente no metabolismo dos frutos, é uma alternativa importante para prolongar a vida pós-colheita destes produtos.

A EAM é geralmente utilizada para manter a qualidade e aumentar a vida útil de diversos produtos alimentares. Este sistema de embalagem utiliza filmes com diferentes permeabilidades ao O₂, ao CO₂, e/ou ao vapor de água, para reter a qualidade dos frutos (Kader *et al.*, 1989).

Com vista a uma construção de uma EAM óptima (Saltveit, 2003), é necessário a determinação de atmosfera óptima para o morango, recorrendo ao estudo das taxas de

respirações sob diferentes combinações gasosas de O₂/CO₂ e ao efeito da variação de temperatura sob o efeito dessa composição atmosférica.

O objectivo deste trabalho foi avaliar o efeito de composições atmosféricas diferentes da do ar, combinado com a temperatura, na taxa de respiração de morangos frescos.

5.2 Material e métodos

5.2.1 *Preparação dos frutos*

Os morangos da cultivar Ventana a foram obtidos directamente do produtor da região do Ribatejo e produzidos de acordo com as práticas de protecção integrada.

Os morangos pré-arrefecidos foram transportados para o laboratório, seleccionados tendo o cuidado de escolher frutos uniformes em grau de maturação, dimensão e cor e utilizados para a medição das taxas de respiração.

5.2.2 *Medição da Evolução de O₂ e CO₂ em sistema fechado*

Foram colocados cerca de 300 g de morangos em frascos com 1900 mL de volume. Os frascos com morangos foram fechados (tampa e válvulas) e selados com vaselina (tampa) para evitar quaisquer trocas gasosas e acondicionados à temperatura a que a experiência iria decorrer (20, 16, 12, 8 e 4 °C ± 1 °C). Após o equilíbrio da temperatura, a atmosfera dentro dos frascos foi rapidamente substituído pela pretendida (Figura 29).

O ar da garrafa contendo a mistura gasosa pretendida entrava directamente para o fundo do frasco de distribuição, fazendo borbulhar água (destinada a humidificar o ar introduzido nos frascos com morangos), sendo a saída feita simultaneamente por quatro válvulas para outros tantos frascos contendo os frutos. Os tubos que conduziam essa atmosfera foram colocados até ao fundo do frasco e permitiu-se o escape dessa atmosfera

através de uma válvula na tampa do frasco. A circulação foi efectuada com um caudal conhecido e constante, durante cerca de dois minutos e trinta segundos, de forma a assegurar que a atmosfera ambiente era totalmente substituída, após o que se procedeu ao fecho das válvulas. As taxas de respiração (RO_2 e RCO_2) foram determinadas pelo método de sistema fechado conforme anteriormente descrito (§4.2.2).

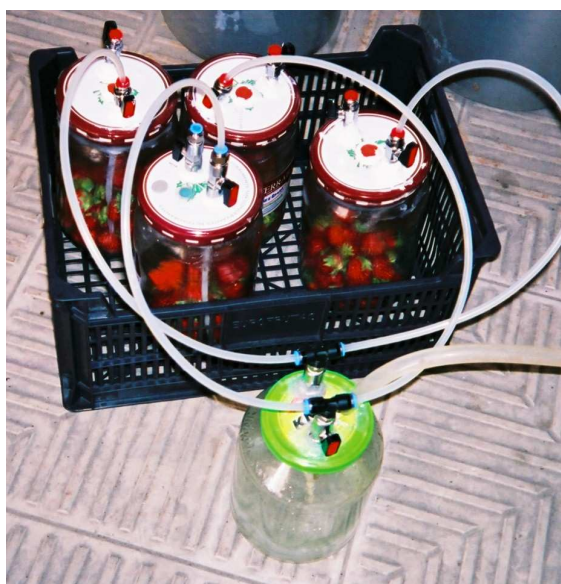


Figura 29: Sistema de enchimento de frascos para a medição de taxas de respiração sob efeito de misturas gasosas de composição conhecida.

5.2.3 *Cálculo das Taxas de Respiração*

A taxa de respiração em termos de O_2 consumido (RO_2) e de CO_2 libertado (RCO_2) foi calculada através de balanços mássicos, descritos pelas equações 2 e 3 (§4.2.3).

5.2.4 *Análise Estatística dos Dados*

A análise dos resultados experimentais foi efectuada por aplicação da análise de variância (ANOVA a dois factores), apresentando a temperatura e a concentração gasosa como factores fixos, e testando a interacção entre factores. Quando necessário, recorreu-se ao teste de HSD de Tukey e ao teste de Scheffé para identificar as diferenças significativas.

5.3 Resultados e discussão

As taxas de respiração dos morangos da cultivar Camarosa obtidas a diferentes temperaturas de armazenamento (4, 12 e 20 °C) e para diferentes combinações de concentração atmosférica em O₂ e CO₂ são apresentadas na Figura 30. O Quadro 13 sumaria os valores das médias e respectivos desvios padrões para as taxas respiratórias obtidas.

Os resultados permitiram concluir que há diferenças significativas na taxa de respiração para as combinações gasosas utilizadas ($p < 0,000$ para RO₂ e RCO₂) [resultado das ANOVAs no Anexo 3, Quadro 26 e 29], sendo que as taxas de respiração, medidas como consumo de O₂ (RO₂), mais baixas foram observadas para as combinações 10 %O₂ – 15 %CO₂ e 10 %O₂ – 0 %CO₂ [Anexo 3, Quadro 27], e a taxas de respiração, medidas como produção de CO₂ (RCO₂), mais baixa foi atingida para a combinação 10 %O₂ – 15 %CO₂ [Anexo 3, Quadro 30].

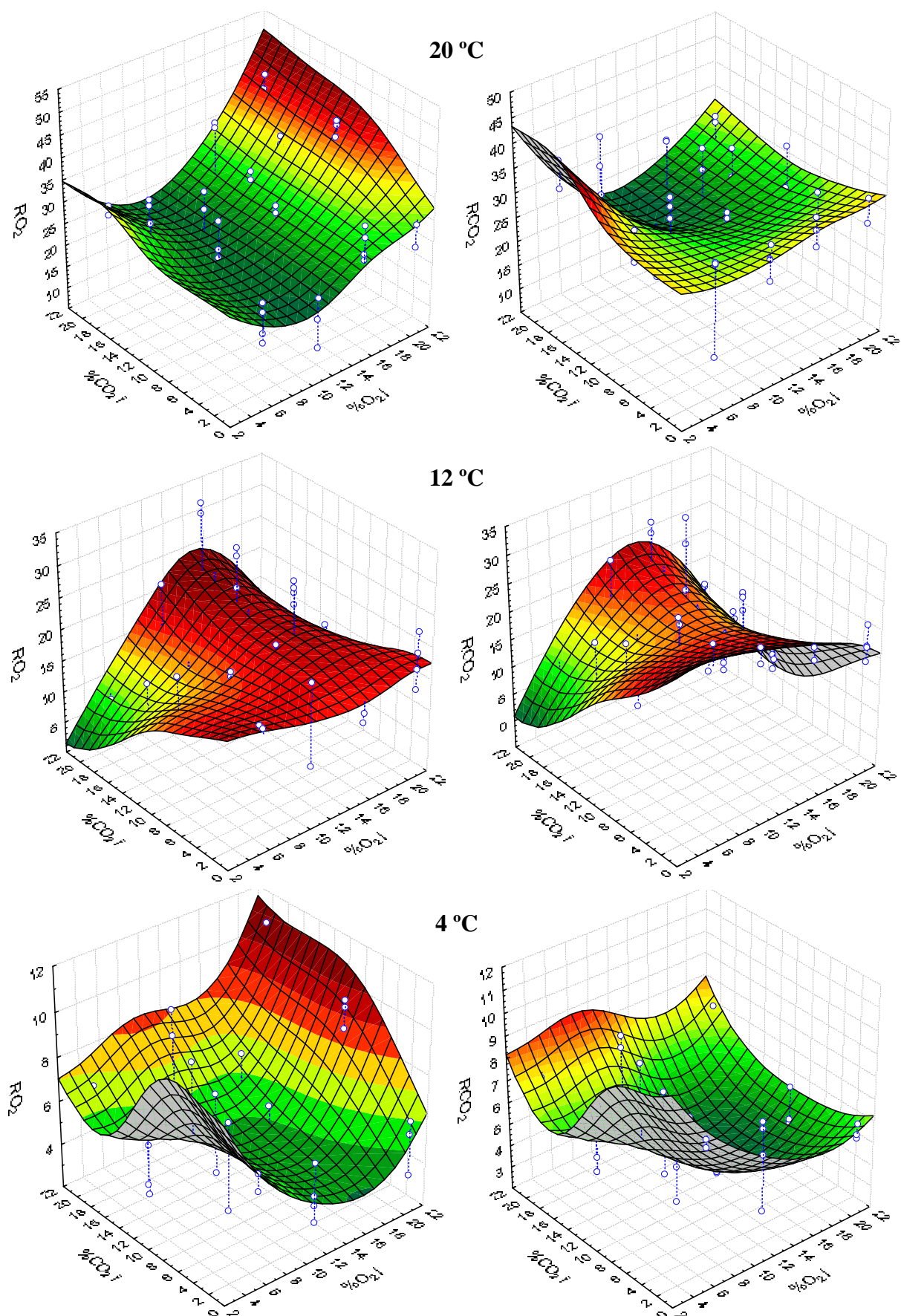


Figura 30: Taxas de respiração (RO₂ e RCO₂) medidas em diferentes combinações gasosas e temperaturas.

Quadro 13: Valores da média da taxa de respiração (\pm desvio padrão) medida para o consumo de O₂ e produção de CO₂ (mL/kg/h) e respectivos quocientes respiratórios para as diferentes combinações de temperatura / atmosfera gasosa.

| O ₂ (%) | CO ₂ (%) | 20 °C | | | 12 °C | | | 4 °C | | |
|-----------------------|------------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | RO ₂ | RCO ₂ | QR | RO ₂ | RCO ₂ | QR | RO ₂ | RCO ₂ | QR |
| 20 | 0 | 27,83 (\pm 2,53) | 31,29 (\pm 2,46) | 1,13 (\pm 0,01) | 18,31 (\pm 1,93) | 17,82 (\pm 1,35) | 0,98 (\pm 0,04) | 5,15 (\pm 0,75) | 5,78 (\pm 0,20) | 1,17 (\pm 0,16) |
| 20 | 10 | 41,63 (\pm 0,91) | 26,30 (\pm 2,95) | 0,63 (\pm 0,07) | 15,26 (\pm 1,20) | 5,50 (\pm 2,05) | 0,34 (\pm 0,12) | 9,23 (\pm 0,38) | 4,80 (\pm 0,53) | 0,52 (\pm 0,04) |
| 20 | 15 | 34,25 (\pm 0,79) | 25,95 (\pm 2,43) | 0,76 (\pm 0,05) | 15,61 (\pm 0,12) | 12,94 (\pm 1,94) | 0,83 (\pm 0,12) | n.d. | n.d. | n.d. |
| 20 | 20 | 41,80 (\pm 1,73) | 28,22 (\pm 3,97) | 0,67 (\pm 0,08) | 23,50 (\pm 6,17) | 15,75 (\pm 5,95) | 0,64 (\pm 0,11) | 10,71 (\pm 0,00) | 6,94 (\pm 0,00) | 0,65 (\pm 0,00) |
| 15 | 0 | 31,23 (\pm 1,77) | 33,86 (\pm 2,28) | 1,08 (\pm 0,02) | 11,42 (\pm 2,42) | 21,49 (\pm 0,73) | 2,13 (\pm 0,58) | n.d. | n.d. | n.d. |
| 15 | 10 | 27,28 (\pm 1,06) | 23,48 (\pm 1,11) | 0,86 (\pm 0,01) | 13,90 (\pm 1,57) | 12,85 (\pm 1,38) | 0,93 (\pm 0,01) | 4,24 (\pm 0,65) | 2,94 (\pm 0,49) | 0,69 (\pm 0,01) |
| 15 | 15 | 27,35 (\pm 2,61) | 27,39 (\pm 4,42) | 0,99 (\pm 0,09) | 15,13 (\pm 2,70) | 10,78 (\pm 3,72) | 0,66 (\pm 0,15) | 5,47 (\pm 0,52) | 3,40 (\pm 0,33) | 0,62 (\pm 0,04) |
| 15 | 15 | n.d. | n.d. | n.d. | 20,66 (\pm 5,53) | 20,12 (\pm 6,46) | 0,88 (\pm 0,13) | n.d. | n.d. | n.d. |
| 15 | 20 | 28,77 (\pm 8,91) | 23,89 (\pm 7,97) | 0,81 (\pm 0,04) | 17,91 (\pm 0,25) | 15,69 (\pm 0,75) | 0,88 (\pm 0,03) | n.d. | n.d. | n.d. |
| 10 | 0 | 18,97 (\pm 2,31) | 30,36 (\pm 1,52) | 1,66 (\pm 0,16) | 16,71 (\pm 6,55) | 25,21 (\pm 1,44) | 1,74 (\pm 0,60) | 4,86 (\pm 0,57) | 6,85 (\pm 0,90) | 1,46 (\pm 0,23) |
| 10 | 10 | 24,68 (\pm 2,38) | 32,39 (\pm 0,96) | 1,36 (\pm 0,15) | 14,46 (\pm 1,12) | 18,88 (\pm 2,54) | 1,34 (\pm 0,26) | 4,98 (\pm 1,26) | 4,32 (\pm 0,70) | 0,94 (\pm 0,14) |
| 10 | 15 | 20,38 (\pm 5,25) | 15,07 (\pm 1,34) | 0,94 (\pm 0,31) | 3,76 (\pm 1,36) | 9,25 (\pm 2,59) | 3,01 (\pm 1,22) | 4,91 (\pm 1,81) | 4,98 (\pm 1,90) | 1,01 (\pm 0,02) |
| 10 | 20 | 15,01 (\pm 5,39) | 18,21 (\pm 0,21) | 1,39 (\pm 0,48) | 12,04 (\pm 4,30) | 15,40 (\pm 3,73) | 1,73 (\pm 0,48) | 9,25 (\pm 0,60) | 8,43 (\pm 0,26) | 0,91 (\pm 0,03) |
| 5 | 0 | 24,66 (\pm 2,04) | 30,50 (\pm 4,67) | 1,30 (\pm 0,26) | 13,12 (\pm 3,90) | 25,80 (\pm 2,02) | 2,56 (\pm 0,70) | 6,54 (\pm 0,40) | 8,31 (\pm 0,16) | 1,28 (\pm 0,10) |
| 5 | 10 | 21,71 (\pm 0,22) | 26,45 (\pm 1,48) | 1,22 (\pm 0,06) | 19,20 (\pm 0,00) | 21,75 (\pm 0,00) | 1,13 (\pm 0,00) | 9,21 (\pm 0,91) | 5,78 (\pm 4,33) | 0,59 (\pm 0,41) |
| 5 | 15 | 28,11 (\pm 4,44) | 35,82 (\pm 4,03) | 1,33 (\pm 0,13) | 11,05 (\pm 2,33) | 11,96 (\pm 4,79) | 1,04 (\pm 0,21) | 4,26 (\pm 1,01) | 4,53 (\pm 0,72) | 1,16 (\pm 0,18) |
| 5 | 20 | 23,39 (\pm 4,05) | 32,00 (\pm 2,07) | 1,45 (\pm 0,24) | n.d. | n.d. | n.d. | 6,67 (\pm 0,00) | 7,12 (\pm 0,00) | 1,07 (\pm 0,00) |

n.d. – não há dados.

De igual forma foi verificado que a temperatura tem um efeito significativo na taxa respiratória ($p < 0,000$ para RO_2 e RCO_2) [resultado das ANOVAs no Anexo 3, Quadro 26 e 29], em que o aumento da temperatura provoca um aumento das taxas de respiração [Anexo 3, Quadro 28 e 31].

O QR apresenta diferenças significativas com a combinação gasosa ($p < 0,000$), mas não sofre o efeito da temperatura ($p = 0,158$), nem se observa uma interacção combinação-temperatura ($p = 0,880$) [resultado das ANOVAs no Anexo 3, Quadro 32, Figura 4].

Na Figura 30 não é fácil observar quais as composições gasosas utilizadas que provocam uma diminuição na taxa de respiração do morango, sendo que é desejável que a(s) combinação(ões) escolhida(s) devem apresentar um QR próximo de 1. Os valores mais baixos de taxa de respiração de morangos, considerando os QR próximos do 1 (Renault *et al.*, 1994a), foram encontrados para 5% O_2 - 10% CO_2 e 10% O_2 - 15% CO_2 a 20 °C - 12 °C e a 4°C, respectivamente [Anexo 3, Figura 1 e 4].

5.4 Conclusões

Nas condições testadas, é possível verificar que a temperatura é um factor importante para a diminuição da taxa de respiração de morangos. Independentemente da temperatura, a concentração de 5% O_2 induz condições anaeróbicas nos frutos. Para 10% O_2 , com 15 ou 20 % CO_2 é possível diminuir as taxas de respiração de morangos.

O QR do morango parece depender da concentração gasosa em O_2 e CO_2 , mas não é dependente da temperatura, nem foi encontrada interacção entre combinação gasosa e temperatura.

Capítulo 6

VALIDAÇÃO EXPERIMENTAL DE EAM

O objectivo deste estudo foi o de armazenar morango em EAM seleccionados de acordo com os resultados obtidos em estudos anteriores e verificar a sua eficácia.

Genericamente foi observado que o sistema foi ineficaz, embora não diminuísse o tempo de vida útil do fruto relativamente ao grupo controlo. De facto, o grupo controlo atingiu uma perda de água que o tornavam não comercializável após o terceiro dia, ao contrário dos frutos armazenados com os dois filmes utilizado.

6.1 Introdução

A EAM permite definir condições que criem uma atmosfera que mais adequada para prolongar o armazenamento de dado produto e minimizar o tempo para atingir essa atmosfera. Um sistema de EAM mal desenhado pode ser não efectivo ou até, provocar o efeito contrário ao desejado, ou seja diminuir o tempo de vida do produto (Fonseca *et al.*, 2002).

Considerando os filmes disponíveis comercialmente e a sua gama de permeabilidades, os filmes microperfurados parecem ser a escolha mais adequada. As perfurações são realizadas por laser, com dimensões e densidades adequadas para os valores de permeabilidade de gases requeridas na embalagem. O filme microperfurado pode ser termoselado, sendo que o tabuleiro fornece protecção mecânica aos frutos.

O trabalho descrito neste capítulo tem por objectivo verificar se filmes escolhidos com base em taxas de respiração determinadas em experiências anteriores (capítulos 4 e 5), proporcionam o atingir de condições óptimas para a manutenção e extensão do tempo de vida útil de morango.

6.2 Material e métodos

6.2.1 *Preparação dos frutos e da embalagem*

Morango da cultivar Camarosa foi obtido directamente do produtor, região do Ribatejo, produzido de acordo com as práticas de produção e de protecção integrada.

Os frutos foram colhidos no estado de maturação comercial (3/4 a 4/4 de superfície vermelha) em Maio, no início da manhã (temperatura aproximada de 15 °C), directamente

para caixas comerciais com dimensão 180*180*45 mm, que apenas permitem a colocação de uma camada, contendo entre 460 e 490 g de frutos. Foram imediatamente transportados para uma câmara de pré-arrefecimento (temperatura de 3,4 °C e humidade relativa perto de 100 %). Após o arrefecimento, os morangos foram transportados sob refrigeração para o laboratório, sendo as embalagens alocadas aleatoriamente a três grupos, um de controlo e dois para utilização de filmes de permeabilidade conhecida, que foram posteriormente armazenados a 4 °C ($\pm 1^{\circ}\text{C}$) e humidade relativa de 92% ($\pm 5\%$) durante, aproximadamente, 9 dias.

O morango do grupo controlo foi mantido embalado nas embalagens comerciais anteriormente descritas, constituídas por cuvette e respectiva tampa. No morango alocado aos outros dois grupos, a tampa da cuvette foi retirada e a cuvette foi envolvida em filme de polipropileno (PP), selado em forma de saco com dimensão 250x400 mm. Foi usado filme de PP orientado de 35 microns de espessura e com aditivo “anti-fog”, com dois tipos de perfuração: perfuração 1 (P1) com permeabilidade de 30800 cm³/metrolinear/dia/atm, e perfuração 2 (P2) com permeabilidade de 49300 cm³/metrolinear/dia/atm, ambos da Amcor P-Plus (ver Figura 31). O peso médio dos frutos embalados em P1 foi de 474,3 g (desvio-padrão 13,2 g) e em P2 de 473,1 g (desvio-padrão 11,3 g).

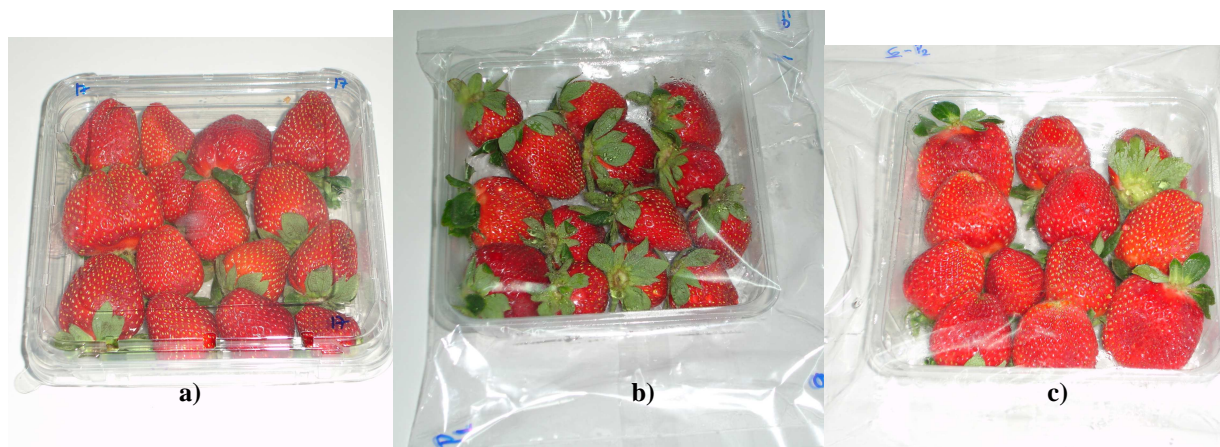


Figura 31: Aspecto das embalagens utilizadas: a) controlo, b) embalagem com filme P1, c) embalagem com filme P2.

Foram usados 26 sacos para cada permeabilidade, e analisados relativamente à concentração gasosa (%O₂ e %CO₂), textura, SST, e pH. No grupo controlo, com 20 embalagens, foram efectuadas as mesmas determinações, com excepção da concentração gasosa. A perda de peso foi determinada em 2 réplicas de cada tipo de embalagem/filme, especialmente dedicadas a esta determinação.

6.2.2 *Medição da Evolução de O₂ e CO₂, textura, perda de peso*

A evolução gasosa foi determinada por amostragem de cada embalagem através de um septo de silicone, colado sobre o filme de PP imediatamente antes da determinação. A composição gasosa (%O₂ e %CO₂) foi medida e registada ao longo do tempo com um analisador de gases (Checkmate-9900, PBI Dansensor, Dinamarca), com tomas de aproximadamente 5 mL. Durante os 2 dias iniciais (até às 48 h) foram efectuadas 2 determinações diárias da composição gasosa.

A perda de peso foi determinada pela diferença de peso (%), observada ao longo do tempo em duas réplicas especialmente dedicadas a esta medição, para cada uma dos três tipos de embalagens.

A textura foi determinada como força máxima (N), por um teste de compressão/perfuração com medidor universal de textura, Instron 3342 (USA), equipado com sistema Ottawa e célula de carga de 500 N, utilizando uma base de 36 orifícios e predefinindo um deslocamento máximo de 10 cm e uma velocidade de deslocação de 2 mm/s.

6.2.3 *Análise Estatística dos Dados*

A análise estatística dos dados foi efectuada utilizando o aplicativo SPSS v.15.0 (SPSS Inc., IL. Chicago, E.U.A.). A análise de diferenças na tendência da composição gasosa nas embalagens com os dois tipos de filmes foi efectuada através de um teste de ajustamento de Kolmogorov-Smirnov. A análise estatística dos dados de textura foi realizada com recurso a uma análise de variância (ANOVA a dois factores: embalagem e tempo) para determinar se existiam diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os sistemas de embalagem em estudo, ao longo do tempo.

6.3 **Resultados e discussão**

Tal como poderá ser observado na Figura 32, não foi possível atingir a composição atmosférica óptima (5-10% O₂ e 15-20% CO₂) dentro da embalagem, com qualquer dos dois filmes. Este facto, poder-se-á justificar pela permeabilidade demasiado elevada dos filmes utilizados, ou por uma taxa de respiração bastante menor que a determinada inicialmente para esta temperatura.

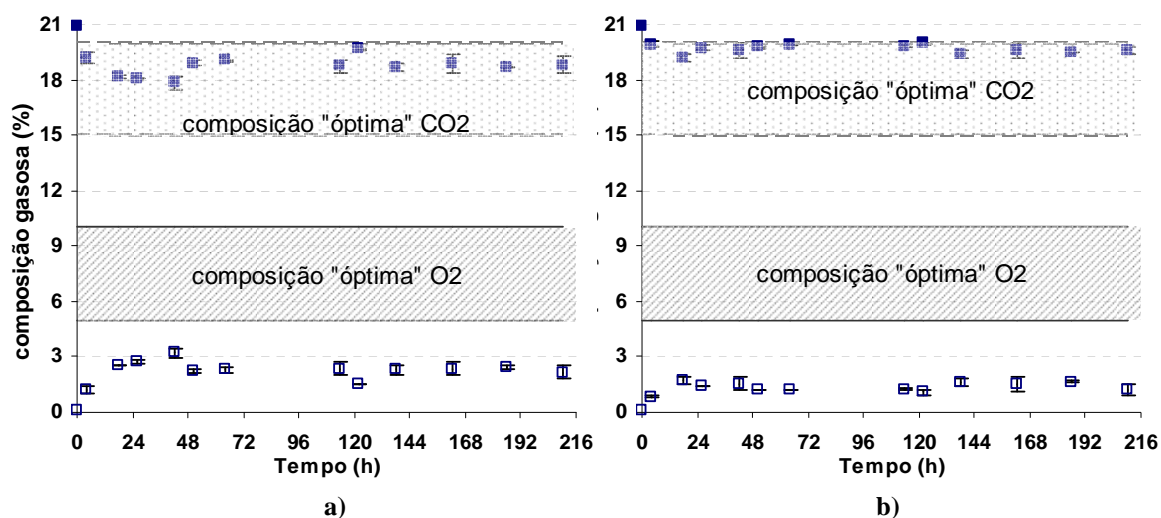


Figura 32: Evolução da composição gasosa (%) de (■) O₂ e (□) CO₂, durante o armazenamento a 4°C: a) na embalagem filme de menor permeabilidade (P1) e, b) de maior permeabilidade (P2). A zona de composição óptima em O₂ é destacada a diagonal enquanto que a zona de composição óptima em CO₂ é destacada com um ponteados.

Foram detectadas diferenças significativas nas composições atmosféricas observadas nas embalagens com filmes P1 e P2 ($p < 0,000$) e para o tempo ($p < 0,000$) [resultados da ANOVA a dois factores no Anexo 3, Quadro 33 e 36], tendo a embalagem com filme de menor permeabilidade permitido obter a maior alteração da composição gasosa dentro da embalagem [Anexo 3, Quadro 34 e 37]. Com o factor tempo há flutuação na evolução da composição, mas genericamente, observa-se uma tendência para que a % O₂ diminua e a % CO₂ aumente ligeiramente com o tempo [Anexo 3, Quadro 35 e 38].

Foram detectadas diferenças significativas na perda de peso (Figura 33) com o factor tempo e tipo de embalagem ($p < 0,000$) [resultados da ANOVA a dois factores no Anexo 3, Quadro 39]. Relativamente à embalagem, foi detectada diferença significativa entre os dois filmes e o controlo [Anexo 3, Quadro 40]. Relativamente ao factor tempo também se detectam diferenças significativas [Anexo 3, Quadro 41].

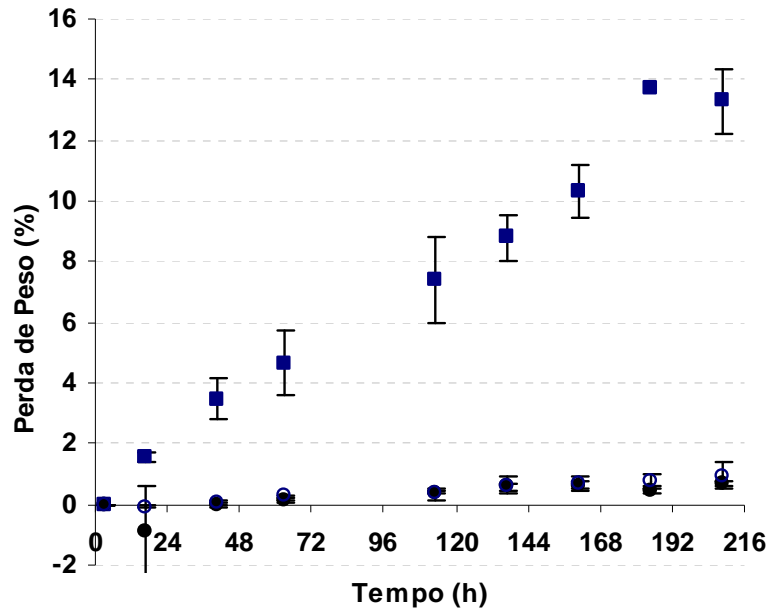


Figura 33: Evolução da perda de peso (%) de (■) controlo, (●) embalagem/filme de menor permeabilidade (P1), e (○) embalagem/filme de maior permeabilidade (P2) durante o armazenamento a 4°C. As barras verticais representam o desvio padrão.

Não foram detectadas diferenças significativas na alteração da textura (Figura 34) com o tipo de embalagem ($p=0,807$), embora fossem detectadas diferenças significativas com o tempo ($p=0,042$) [resultados da ANOVA a dois factores no Anexo 3, Quadro 42 e 43]. A diferença significativa atribuída ao factor tempo tem uma aleatoriedade na tendência observada que leva à conclusão que poderá ser devida à elevada variabilidade da amostra, uma característica já detectada em trabalhos anteriores. Por outro lado, deve ter-se em conta um viés introduzido pela perda de peso (água) muito superior no controlo, o que provoca o aumento da rigidez aparente, factor que se sobrepõe.

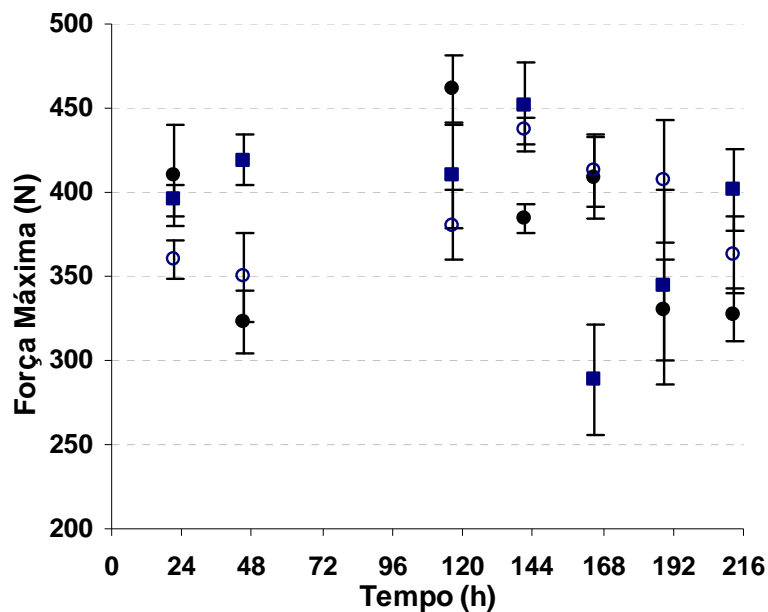


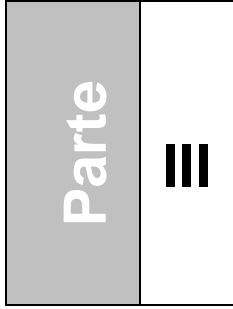
Figura 34: Força máxima (N) avaliada no (■) controlo, (●) embalagem/filme de menor permeabilidade (P1), e (○) embalagem/filme de de maior permeabilidade (P2) durante o armazenamento a 4°C.

6.4 Conclusões

Os filmes seleccionados para o ensaio revelaram-se não efectivos para a obtenção de um sistema que atingisse a atmosfera recomendada para prolongar o tempo de vida útil do morango armazenado a temperatura refrigerada (4 °C). No entanto, os frutos armazenados nestas condições tiveram uma perda de peso muitíssimo inferior à do controlo.

O morango do grupo controlo teve uma perda de peso (água) elevada, cerca de 14%, que permite concluir que após o terceiro dia se atingiu uma % de perda de peso que o tornava não comercializável.

É necessário realizar trabalho adicional para determinar as taxas de respiração do presente morango, após o que se poderá reequacionar o tipo de filme a utilizar.



Conclusão

Capítulo 7

CONCLUSÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO

Após uma breve revisão da bibliografia existente para o morango e da apresentação da metodologia e resultados obtidos nos diversos ensaios, procede-se ao delineamento das conclusões gerais obtidas durante a execução deste trabalho, bem como a sugestões para trabalho futuro.

O manuseamento pós colheita integra as várias operações que decorrem entre a colheita e a fase final da fileira agro-alimentar, cujo óptimo será o consumo.

O morango é de facto, um produto perecível. As restrições na vida útil do morango devem-se a uma série de processos de alteração da qualidade, tais como físicos, químicos e bioquímicos, fisiológicos e biológicos.

Embora a deterioração não possa ser completamente parada, pode ser reduzida e controlada até níveis que permitam um aumento real da vida útil do produto.

A temperatura possui um efeito importante sobre as taxas de alteração da qualidade dos produtos frescos.

A refrigeração de hortofrutícolas permite manter a qualidade. Como foi verificado durante este ensaio, o armazenamento de morangos sob temperaturas de refrigeração e de humidade relativas controladas permite manter a aparência e qualidade organoléptica, resultado da manutenção dos ácidos e açúcares. A manutenção destes compostos estará relacionada com o efeito directo e determinante da temperatura nas taxas de respiração do fruto.

Não obstante, apesar de serem mantidas as condições ideais de armazenamento, surgiram alterações de massa durante a refrigeração.

A escolha da cultivar, obviamente dependerá sempre do binómio qualidade/produção, terá de ter em atenção o ciclo de comercialização a que se destina.

Em geral, os consumidores consideram frutos de boa qualidade como sendo aqueles que apresentam boa aparência e que ofereçam um bom aroma e valor nutritivo. Em contraste, os produtores e retalhistas preocupam-se em geral com as características relacionadas com a aparência e com um aumento da vida útil (Kader, 2002).

As diferentes cultivares recebem comentários quer negativos, quer positivos dependendo do atributo de qualidade.

Os ensaios efectuados envolvendo as alterações da atmosfera revelaram que esta é também uma forma de diminuir as taxas de respiração. A escolha das concentrações de O₂ e CO₂, deve ser contudo criteriosa dado que algumas combinações induzem comportamentos respiratórios anormais, como aferido pelos QR.

A dificuldade desta escolha advém especialmente da complexidade envolvida com este tipo de produtos, dos quais constam a complexidade da taxa de respiração e sua variação com factores endógenos e exógenos.

A optimização e a integração de cada uma das fases (actividades de produção, distribuição e consumo) da cadeia são fundamentais para a obtenção de frutos de boa qualidade.

Por outro lado, a adopção de novas tecnologias para o manuseamento pós-colheita de forma a assegurar a manutenção da qualidade do produto e a redução das perdas, gerando produtos de valor acrescentado e gerando novas oportunidades de mercado.

Um manuseamento pós-colheita inapropriado contribui para perdas de produto implica perdas directas de produtos com possíveis resultados, a importantes perdas de mercado, elevados custos com redução dos, e uma diminuição da competitividade.

As conclusões específicas dos estudos realizados no âmbito deste trabalho são reproduzidas de seguida:

- A comparação de quatro cultivares de morango produzidas em Protecção Integrada (Commitment, Endurance, Ventana e Camarosa), do ponto de vista físico-químico e sensorial, permitiu concluir que a cultivar Commitment foi a mais valorizada pela sua cor. As cultivares Commitment e Endurance foram mais valorizadas pelo seu

sabor doce e pouco ácido e pela sua textura suculenta e menor rigidez. Relativamente à preferência global as cultivares não apresentaram diferenças significativas. Em geral, foi encontrada uma boa concordância em termos instrumentais e de análise sensorial.

- Quando estas cultivares de morango são armazenadas em condições consideradas ótimas (4 °C e humidade relativa elevada), verificaram-se diferenças significativas ao longo do tempo de armazenamento para a firmeza, com a sua diminuição, e um incremento significativo de SST e da % de perda de peso. No que respeita a diferenças observadas entre cultivares, pode afirmar-se que, globalmente, as cultivares Commitment e Endurance apresentam menor firmeza, valores de SST e de pH mais elevado, e concentração de antocianinas mais baixa.
- A taxa de respiração de morango aumenta com a temperatura, para morango armazenado em atmosferas normais (ambiente), tendo sido verificado que, nas condições testadas, a taxa de respiração não é alterada ao longo do tempo de armazenamento.
- Verificou-se que a composição gasosa é um factor importante para a diminuição da taxa de respiração de morangos. Independentemente da temperatura, a concentração de 5% O₂ induz condições anaeróbicas nos frutos. Para 10% O₂, com 15 ou 20 % CO₂ é possível diminuir as taxas de respiração de morangos. O QR do morango parece depender da concentração gasosa em O₂ e CO₂, mas não é dependente da temperatura, nem foi encontrada interacção entre combinação gasosa e temperatura.
- O sistema de EAM utilizado foi ineficaz, embora não diminuísse o tempo de vida útil do fruto relativamente ao grupo controlo.

Sugestões para trabalho futuro

São apresentadas algumas sugestões, com base no trabalho realizado:

- Realização de um estudo de verificação do efeito do tempo na taxa de respiração de morango acondicionado em ar ou em atmosfera modificada, em que a taxa respiratória deve ser medida num sistema contínuo;
- Desenho de uma EAM eficaz para a manutenção da qualidade original e na extensão da vida útil do morango, nomeadamente para grandes quantidades de produto.

**LISTA DE PUBLICAÇÕES E
COMUNICAÇÕES ELABORADAS COM
BASE NO TRABALHO DESENVOLVIDO**

PUBLICAÇÕES

- [3] S. Azevedo, L. Cunha, F. Poças, F. Oliveira and M. Manso. 2007. “Sensory Evaluation and Physico-chemical Comparison of Different Strawberry Cultivars from Low-input Agriculture”. Book of abstracts “13th World Congress of Food Science and Technology (IUFOST)”, 17 - 23 September, Nantes, France, pp. 531-532.
- [2] Azevedo S., Manso M. C. & Cunha L.M., 2005. Análise do efeito da temperatura e do corte na taxa de respiração de morango fresco (*Fragaria x ananassa* Duch.). Actas do 7º Encontro de Química dos Alimentos”, 13 a 16 de Abril de 2005, Viseu, Portugal. (p3.18; 8 pág).
- [1] Azevedo, S., Cunha, L. M., Poças, M. F, Santos Andrade, M. C. & Manso, M.C. 2004. *Avaliação sensorial e físico-química de quatro cultivares de morango produzidos em protecção integrada*. Livro de Actas IV Simpósio Ibérico – I Nacional – VII Espanhol de Maturação e Pós-colheita 2004, 6 a 9 de Outubro de 2004, Oeiras, Portugal. pág. 81-85.

COMUNICAÇÕES:

- [3] S. Azevedo, L. Cunha, F. Poças, F. Oliveira and M. Manso. “Sensory Evaluation and Physico-chemical Comparison of Different Strawberry Cultivars from Low-input Agriculture”. Poster (S1) – apresentado no Congresso “13th World Congress of Food Science and Technology (IUFOST)”, 17 a 23 de Setembro, Nantes, França.
- [2] Azevedo, S., Conceição, M.C. & Cunha, L.. “Análise do efeito da temperatura e do corte na taxa de respiração de morango fresco (*Fragaria x ananassa* Duch.)”. Poster P3.7 – “7º Encontro de Química dos Alimentos”, 13 a 16 de Abril de 2005, Viseu, Portugal.

- [1] Azevedo, S., Cunha, L. M., Poças, M. F., Santos Andrade, M.C., & Manso, M.C. “Avaliação sensorial e físico-química de quatro cultivares de morango produzidos em protecção integrada”. Poster apresentado no IV Simpósio Ibérico – I Nacional – VII Espanhol de Maturação e Pós-Colheita 2004, 6 a 9 de Outubro de 2004, Oeiras, Portugal.

MANUSCRIPTOS EM PREPARAÇÃO PARA SUBMISSÃO A REVISTAS INDEXADAS:

S. Azevedo, L. M. Cunha, M. F. Poças, F. A. R. Oliveira, R. C. Lima, M. C. Manso. Sensory Evaluation and Physico-chemical Comparison of Different Strawberry Cultivars from Low-input Agriculture [em preparação para submissão à Post-harvest Biology and Technology].

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AABY, K., SKREDE, G. e WROLSTAD, R.E. (2005), "Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*)", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 10, 4032-4040.
- ABELES, F.B. e TAKEDA, F. (1990), "Cellulase activity and ethylene in ripening strawberry and apple fruits", *Scientia Horticulturae*, 42, 269-275.
- AGAR, I.T., STREIF, J. e BANGERTH, F. (1997), "Effect of high CO₂ and controlled atmosphere (CA) on the ascorbic and dehydroascorbic acid content of some berry fruits", *Postharvest Biology and Technology*, 11, 1, 47-55.
- AHARONI, A. P. e O'CONNELL, A. (2002), "Gene expression analysis of strawberry achene and receptacle maturation using DNA microarrays", *Journal of Experimental Botany*, 53, 377, 2073-2087.
- AKED, J. (2002), "Maintaining the postharvest quality of fresh fruits and vegetables" in *Fruit and vegetable processing: Improving quality*, Jongen, W. (ed), CRC Press, Boca Raton.
- AL-ATI, T., HOTCHKISS, J.H. (2002), "Application of Packaging and Modified Atmosphere to Fresh-cut Fruits" in *Fresh-Cut Fruits and Vegetables: Science, Technology, and Market*, Lamikanra, O. (ed), CRC Press, Boca Raton.
- AMANATIDOU, E. J. SMID, L., GORRIS, M. (1999), "Effect of elevated oxygen and carbon dioxide on the surface growth of vegetable-associated micro-organisms", *Journal of Applied Microbiology*, 86, 3, 429-438.
- AMANATIDOU, R.A. SLUMP, GORRIS, E. J. SMID, L. (2000), "High Oxygen and High Carbon Dioxide Modified Atmospheres for Shelf-life Extension of Minimally Processed Carrots", *Journal of Food Science*, 65, 1, 61-66.
- ANDERSON, A, SANKAR, A, THOMPSON, J, R.P. SINGH, R. (2004), "Commercial Scale Forced-Air Cooling of Packaged Strawberries", *Transactions of the ASAE*, 39, 6, 2185-2191.

- ANDRICH, G., ZINNAI, A., BALZINI, S., SILVESTRI, S. E FIORENTINI, R. (1998), "Aerobic respiration rate of Golden Delicious apples as a function of temperature and PO₂", *Postharvest Biology and Technology*, 14, 1, 1-9.
- AYALA-ZAVALA, J.F., WANG, S.Y., WANG, C.Y. e GONZALEZ-AGUILAR, G.A. (2004), "Effect of storage temperatures on antioxidant capacity and aroma compounds in strawberry fruit", *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-Food Science and Technology*, 37, 7, 687-695.
- AZODANLOU, R., (2001), *A methodology for assessing the quality of fruit and vegetables*, Diss. Technische Wissenschaften ETH, Zürich.
- AZODANLOU, R., DARBELLAY, C., LUISIER, J.L., VILLETZAZ, J.C. e AMADO, R. (2003), "Quality assessment of strawberries (*Fragaria* species)", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 3, 715-721.
- AZODANLOU, R., DARBELLAY, C., LUISIER, J.L., VILLETZAZ, J.C. e AMADO, R. (2004), "Changes in flavour and texture during the ripening of strawberries", *European Food Research and Technology*, 218, 2, 167-172.
- BAKA, M., MERCIER, J., CORCUFF, R., CASTAIGNE, F. e ARUL, J. (1999), "Photochemical treatment to improve storability of fresh strawberries", *Journal of Food Science*, 64, 6, 1068-1072.
- BAKKER, J., BRIDLE, P. e BELLWORTHY, S.J. (1994), "Strawberry Juice Color - a Study of the Quantitative and Qualitative Pigment Composition of Juices from 39 Genotypes", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 64, 1, 31-37.
- BALDWIN, E. (2002), "Fruit Flavour, Volatile Metabolism and Consumer Perceptions" in_ KNEE, M. (ed), *Fruit Quality and it's Biological Basis*. 320 pg, Academic Press, Scheffield, UK.
- BALDWIN, E. (2004), Flavor_ in *The Commercial Storage of Fruits, Vegetables, and Florist and Nursery Stocks*, Agriculture Handbook, 66, USDA, ARS.
- BEATTIE, J., CROZIER, A. e DUTHIE, G.G. (2005), "Potential Health Benefits of Berries", *Current Nutrition & Food Science*, 1, 71-86.

- BEAUDRY, R.M. (1993), "Effect of carbon dioxide partial pressure on blueberry fruit respiration and respiratory quotient", *Postharvest Biology and Technology*, 3, 3, 249 -251.
- BEAUDRY, R.M. (1999), "Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality", *Postharvest Biology and Technology*, 15, 3, 293-303.
- BENITEZ-BURRACO, A. R. BLANCO-PORTALES, J. REDONDO-NEVADO, M. L. BELLIDO, E. MOYANO, CABALLERO, J. e MUNOZ-BLANCO, J. (2003), "Cloning and characterization of two ripening-related strawberry (*Fragaria x ananassa* cv. Chandler) pectate lyase genes", *Journal of Experimental Botany*, 54, 383, 633-645.
- BEN-YEHOSHUA, S., SVETLANA FISHMAN, S., FANG, D., RODOV, V. (1997), "New Developments in Modified Atmosphere Packaging and Surface Coatings for Fruits", disponível on line em: www.aphnet.org/.../ACIAR/Postharvest%20handling, extraído em 12/12/06.
- BOURN, D. e PRESCOTT, J. (2002), "A Comparison of the Nutritional Value, Sensory Qualities, and Food Safety of Organically and Conventionally Produced Foods", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 42, 1-34.
- BOWER, J. BIASI, W., e MITCHAM, E. (2003), "Effects of Ethylene and 1-MCP on the Quality and Storage Life of Strawberries", *Postharvest Biology and Technology*, 28, 417-423.
- BOYETTE, M. D.; WILSON, L. G., ESTES, E. A. (1998), "Introduction to proper post-harvest cooling and handling methods", disponível on-line em: [http:// www.2nasv.edu/eos/service/pae/ www/..ion/publicat/posthaving](http://www.2nasv.edu/eos/service/pae/www/..ion/publicat/posthaving), Extraído em 12/12/06.
- BRADY, C. J. (1987), "Fruit ripening", *Annual Review of Plant Physiology*, California, 38, 155-177.
- BRASH, D.W., CHARLES, C.M., WRIGHT, S. e BYCROFT, B.L. (1995), "Shelf-life of stored asparagus is strongly related to postharvest respiratory activity", *Postharvest Biology and Technology*, 5, 1, 77-81.

- BRECHT, J. K., CHAU, A., FONSECA, S. C., OLIVEIRA, F. A. R F. M. SILVA, F., NUNES, C., BENDER, J. (2003), "Maintaining optimal atmosphere conditions for fruits and vegetables throughout the postharvest handling chain", *Postharvest Biology and Technology*, 27, 1, 87-101.
- BREITFELLNER, F.; SOLAR, S.; SONTAG, G. (2002), "Effect of γ -irradiation on phenolic acids in strawberries", *Journal of food science*, 67, 2, 517–521.
- BROSNAN, T.; SUN, D. W., (2001), "Precooling techniques and applications for horticultural products: a review", *International Journal of Refrigeration*, 24, 154-170.
- BRUHN, C (1998), "Consumer attitudes and perceptions" _ in TAUB e SINGH (ed.), *Food Storage Stability*, CRC Press, Boca Raton.
- CAMERON, A.C., BOYLANPETT, W. e LEE, J. (1989), "Design of Modified Atmosphere Packaging Systems - Modelling Oxygen Concentrations within Sealed Packages of Tomato Fruits", *Journal of Food Science*, 54, 6, 1413-1419.
- CARDELLO, A., (1998), "Perception of food quality" _in TAUB e SINGH (ed), *Food storage stability*, CRC, Boca Raton.
- CARLEN, C. e ANÇAY, A. (2003), "Measurement of the sensory quality of strawberries", *Acta Horticulturae* (ISHS), 604, 353-360.
- CAYUELA, J.A., VIDUEIRA, J.M., ALBI, M.A., e GUTIERREZ, F. (1997), "Influence of the ecological cultivation of strawberries (*Fragaria Ananassa* Cv. Chandler) on the quality of the fruit and on their capacity for conservation", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 5, 1736 – 1740.
- CHERVIN, C. e BOISSEAU, P. (1994), "Quality maintenance of "ready-to-eat" shredded carrots by gamma irradiation", *Journal of Food Science*, 59, 2, 359-361.
- CHIRA, A., CHIRA, L. E NICOLAE, D. (2002), "Influence of the postharvest heat treatment upon the strawberry quality during storage" _in *Bulletin of the University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine*, 57, Academic Press, Cluj-Napoca.

- CIVELLO, P.M., MARTINEZ, G.A., CHAVES, A.R. e ANON, M.C. (1997), "Heat treatments delay ripening and postharvest decay of strawberry fruit", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 12, 4589-4594.
- CIVELLO, P.M., POWELL, A.L.T., SABEHAT, A. e BENNETT, A.B. (1999), "An Expansin gene expressed in ripening strawberry fruit", *Plant Physiology*, 121, 1273-1279.
- COLELLI, G.; e MARTELLI, S. (1995), "Beneficial effects on the application of CO₂ enriched atmospheres on fresh strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.)", *Advances in Horticultural Science*, 9, 2, 55-60.
- CONTREIRAS, J. (1992), "Fisiologia e Bioquímica da Respiração das Plantas Superiores", Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa.
- CORDENUNSI, B.R., GENOVESE, M.I., do NASCIMENTO, J.R.O., HASSIMOTTO, N.M.A., DOS SANTOS, R.J. e LAJOLO, F.M. (2005), "Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars", *Food Chemistry*, 91, 1, 113-121.
- CORDENUNSI, B.R., NASCIMENTO, J.R.O. e LAJOLO, F.M. (2003), "Physico-chemical changes related to quality of five strawberry fruit cultivars during cool-storage", *Food Chemistry*, 83, 2, 167-173.
- CORDENUNSI, B.R., OLIVEIRA DO NASCIMENTO, J.R., GENOVESE, M.I. e LAJOLO, F.M. (2002), "Influence of Cultivar on Quality Parameters and Chemical Composition of Strawberry Fruits Grown in Brazil", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 9, 2581-2586.
- COUEY, H. M; WELLS, J. M. (1970), "Low oxygen or high carbon dioxide atmospheres to control postharvest decay of strawberries", *Phytopathology*, 60, 47-49.
- COUEY, H.M., FOLLSTAD, M.N. (1966), "Heat pasteurisation for control of postharvest decay in fresh strawberries", *Phytopathology*, 56, 1345-1347.

- D'AMOUR J., GOSSELIN C., ARUL J., CASTAIGNE F., WILLEMOT C. (1993), "Gamma-radiation affects cell wall composition of strawberries", *Journal of Food Science*, 58, 182-185.
- DADZIE, B.K., BANKS, N.H., CLELAND, D.J. e HEWETT, E.W. (1996), "Changes in respiration and ethylene production of apples in response to internal and external oxygen partial pressures", *Postharvest Biology and Technology*, 9, 3, 297-309.
- DARBELLAY, C., CARLEN, C., AZODANLOU, R. e VILLETIAZ, J.C. (2002), Measurement of the organoleptic quality of strawberries, *Acta Horticulturae* (ISHS) 567, 819-822.
- DARROW, G.M.N.Y., HOLT, RINEHART e WINSTON. (1966), "The strawberry: history, breeding, and physiology", Holt, Nova Iorque.
- DAY, B., (2002), "New modified atmosphere packaging (MAP) techniques for fresh prepared fruit and vegetables"_ in JONGEN, W (ed.), *Fruit and vegetable Processing Improving quality*, cap. 15, CRC, Boca Raton.
- DAY, B.P.F. (1996), "High oxygen modified atmosphere packaging for fresh prepared produce",
- DEL-VALLE, V. P. HERNÁNDEZ-MUÑOZ, A. GUARDA e M.J. GALOTTO (2005), "Development of a cactus-mucilage edible coating (*Opuntia ficus indica*) and its application to extend strawberry (*Fragaria ananassa*) shelf-life", *Food Chemistry*, 91, 4, 751-756.
- DEVLEIGHIERE, F. VERMEULEN F A. E DEBEVERE, J (2004), "Chitosan: antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables, *Food Microbiology*, 21, 6, 703-714.
- DOTTO, M, MARTÍNEZ, G, e CIVELLO, P (2006), "Expression of expansin genes in strawberry varieties with contrasting fruit firmness", *Plant Physiology and Biochemistry*, 44, 301-307.
- DOVING, A. e MAGE, F. (2002), "Methods of testing strawberry fruit firmness", *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 52, 1, 43-51.

- EL GHAOUTH, A. JOSEPH ARUL, RATHY PONNAMPALAM, MARCEL BOULET (1991), "Chitosan Coating Effect on Storability and Quality of Fresh Strawberries", *Journal of Food Science*, 56, 6, 1618–1620.
- EL GHAOUTH, A.; ARUL, J.; GRENIER, J.; ASSELIN, A. (1992), "Antifungal activity of chitosan on two postharvest pathogens of strawberry fruits", *Phytopathology*, 82, 4, 496-501.
- EL-KAZZAZ, M.K., SOMMER, N.F., FORTLAGE, R.J., (1983), "Effect of different atmospheres on postharvest decay and quality of fresh strawberries", *Phytopatology*, 73, 282-287.
- EMOND, J. P., CHAU, K. V., E BRECHT, J. K. (1993), "Modeling respiration rates of blueberry in a perforation-generated modified atmosphere package" *Acta Horticulturae* (ISHS), 362, 134–144.
- EXAMA, A., ARUL, J., LENCKI, R.W., LEE, L.Z. E TOUPIN, C. (1993) "Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables", *Journal of Food Science*, 1365-1370.
- FAEDI, W., MOURGUES, F., ROSATI, C. (2002), "Strawberry breeding and varieties: situation and perspectives", *Acta Horticulturae* (ISHS), 567, 51-59.
- FALLIK, E. (2004), "Prestorage hot water treatments (immersion, rinsing and brushing)", *Postharvest Biology and Technology*, 32, 125-134.
- FALLIK, E., GRINBERG, S., ALKALAI, S., YEKUTIELI, O., WISEBLUM, A., REGEV, R., BERES, H. E BAR-LEV, E. (1999), "A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet pepper", *Postharvest Biology and Technology*, 15, 1, 25-32.
- FALLIK, E., TUVIA-ALKALAI, S., FENG, X. E LURIE, S. (2001), "Ripening characterisation and decay development of stored apples after a short pre-storage hot water rinsing and brushing", *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 2, 2, 127-132.

- FAOSTAT, 2007, disponível em: <http://apps.fao.org/faostat/form?Collection=Production.Crops>, extraído em 22/06/07.
- FARBER, J.N., HARRIS, L.J. PARISH, M.E.. BEUCHAT L.R., SUSLOW T.V., GORNEY J.R, GARRETT E.H., e BUSTA, F.F (2003), "Microbiological Safety of Controlled and Modified Atmosphere Packaging of Fresh and Fresh-Cut Produce, *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 2, Cap. IV.
- FISHMAN, S., RODOV, V. E BENYEHOSHUA, S. (1996), "Mathematical model for perforation effect on oxygen and water vapor dynamics in modified-atmosphere packages", *Journal of Food Science*, 61, 5, 956-961.
- FISHMAN, S., RODOV, V., PERETZ, J. E BEN- YEHOSHUA, S. (1995), "Model for Gas-Exchange Dynamics in Modified-Atmosphere Packages of Fruits and Vegetables", *Journal of Food Science*, 60, 5, 1078-1083.
- FONSECA, S., OLIVEIRA, F. e BRECHT, J.K. (2003), "Extending shelf life of shredded galega kale using a modified atmosphere package", *Electronic Journal of Environment Agriculture and Food Chemistry*, 2, 4.
- FONSECA, S.C., e MALCATA FX. (2003), "Aplication of controlled and modified atmospheres for the preservation of postharvest quality in fresh fruits and vegetables" *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 1, 2, 82-87.
- FONSECA, S.C., OLIVEIRA, F.A.R. e BRECHT, J.K. (2002), "Modelling respiration rate of fresh fruits and vegetables for modified atmosphere packages: a review", *Journal of Food Engineering*, 52, 2, 99-119.
- FONSECA, S.C., OLIVEIRA, F.A.R., LINO, I.B.M., BRECHT, J.K. AND CHAU, K.V. (2000), "Modelling O₂ and CO₂ exchange for development of perforation-mediated modified atmosphere packaging", *Journal of Food Engineering*, 43, 1, 9-15.
- FORNEY, F., KALT, W., MCDONALD, J.E. e JORDANM.A. (1996), "Changes in strawberry fruit quality during ripening on and off the plant", *Acta Horticulturae* (ISHS), 464, 506-509.

- GARCIA, J., HERRERA S. e MORILLA, A. (1996), "Effects of postharvest dips in calcium chloride on strawberry", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 1.
- GARCIA, J.M., AGUILERA, C. e ALBI, M.A. (1995), "Postharvest Heat-Treatment on Spanish Strawberry (*Fragaria x Ananassa* Cv Tudla)", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 43, 6, 1489-1492.
- GARCIA, J.M., MEDINA, R.J. e OLIAS, J.M. (1998), "Quality of strawberries automatically packed in different plastic films", *Journal of Food Science*, 63, 6, 1037-1041.
- GIL, M.I., HOLCROFT, D.M. e KADER, A.A. (1997), "Changes in strawberry anthocyanins and other polyphenols in response to carbon dioxide treatments", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 5, 1662-1667.
- GIVEN, N. K., VENIS, M.A., e GRIERSON, D., (1988a), "Phenylalanine ammonia-lyase activity and anthocyanin synthesis in ripening strawberry fruit", *Journal of Plant Physiology*, 133, 25-30.
- GIVEN, N.K., VENIS, M.A., e GRIERSON, D., (1988b), "Purification and properties of phenylalanine ammonia-lyase from strawberry fruit and its synthesis during ripening", *Journal of Plant Physiology*, 133, 50-55.
- GREEN A. (1971), Soft fruits_ In: HULME AC, (ed.) *The biochemistry of fruits and their products*, 2, Academic Press, Londres.
- GUICHARD, E., CHAMBROY, Y., REICH, M., FOURNIER, N. E SOUTY, M. (1992), "Effects of Carbon-Dioxide Concentration on Aroma of Strawberries after Storage", *Sciences Des Aliments*, 12, 1, 83-100.
- HAFFNER, K. (2002), "Postharvest quality and processing of strawberries" in_Proceedings of the Fourth International Strawberry Symposium, (IHS).
- HAGGER, P.E., LEE, D.S YAM K.L (1992), "Application of an enzyme kinetics based respiration model to closed system experiments for fresh produce, *Journal of Food Process Engineering*, 15, 2, 143.

- HAKALA, M., LAPVETELAINEN, A., HUOPALAHTI, R., KALLIO, H. e TAHVONEN, R.(2003), "Effects of varieties and cultivation conditions on the composition of strawberries", *Journal of Food Composition and Analysis*, 16,67-80.
- HAKKINEN, S.H., KARENLAMPI, S.O., HEINONEN, I.M., MYKKANEN, H.M. e TORRONEN, A.R. (1999), "Content of the Flavonols Quercetin, Myricetin, and Kaempferol in 25 Edible Berries", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 6, 2274 -2279.
- HAKKINEN, S.H., KARENLAMPI, S.O., M.MYKKANEN, H. E TORRONEN, A.R. (2000), "Influence of domestic processing and storage on flavonol contents in berries", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 7, 2960-2965.
- HAN, C., ZHAO, Y. LEONARD S.W e. TRABER, M.G. (2004), "Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria x ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*)", *Postharvest Biology and Technology*, 33, 67-78.
- HAN, C.R., LEDERER, C., MCDANIEL M. e. ZHAO Y. (2005), "Sensory evaluation of fresh strawberries (*Fragaria x ananassa*) coated with chitosan-based edible coatings", *Journal of Food Science*, 70, 172-178.
- HANCOCK, J.F. (1999), *Strawberries*, CABI Publishing, Wallingford, Reino Unido.
- HANNUM, S.M. (2004), "Potential impact of strawberries on human health: a review of the science", *Critical Review in Food Science and Nutrition*, 44, 1, 1-17.
- HARKER, F.R., ELGAR, H.J., WATKINS, C.B., JACKSON, P.J. e HALLETT, I.C. (2000), "Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments", *Postharvest Biology and Technology*, 19, 2, 139-146.
- HAYAKAWA, K.I., HENIG, Y.S. e GILBERT, S.G. (1975), "Formulas for Predicting Gas-Exchange of Fresh Produce in Polymeric Film Package", *Journal of Food Science*, 40, 1, 186-191.

- HEINONEN, I. M. (2002), "Antioxidants in fruits, berries and vegetables" _in JONGEN, W (ed.), *Fruit and vegetable Processing: Improving quality*, 6, CRC, Boca Raton.
- HEINONEN, M., REIN, D., SATUE-GRACIA, M.T., HUANG, S.-W., GERMAN, J.B. E FRANKEL, E.N. (1998), "Effect of protein on the antioxidant activity of phenolic compounds in a lecithin-liposome oxidation system" *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 917-922.
- HENIG, Y.S. e GILBERT, S.G. (1975), "Computer-Analysis of Variables Affecting Respiration and Quality of Produce Packaged in Polymeric Films", *Journal of Food Science*, 40, 5, 1033-1035.
- HENNION, B.; VESCHAMBRE, D. (1997), *La fraise: maîtrise de la production*. Paris: CTFIL, 1997. 299 p.
- HERNANDEZ-MUNÖZ, EVA ALMENAR, E., OCIO, M., GAVARA, R. (2006), "Effect of calcium dips and chitosan coatings on postharvest life of strawberries (*Fragaria x ananassa*)", *Postharvest Biology and Technology*, 39, 247–253.
- HERTOG, M., BOERRIGTER, H.A.M., VAN DEN BOOGAARD, G., TIJSKENS, L.M.M. e VAN SCHAİK, A.C.R. (1999), "Predicting keeping quality of strawberries (cv. 'Elsanta') packed under modified atmospheres: an integrated model approach", *Postharvest Biology and Technology*, 15, 1, 1-12.
- HEWETT, E. (2006), "An overview of preharvest factors influencing postharvest quality of horticultural products", *International Journal of Postharvest Technology and Innovation*, 1, 1.
- HIRATA, T., MAKINO, Y., ISHIKAWA, Y., KATSUURA, S. E HASEGAWA, Y. (1996), "Theoretical model for designing modified atmosphere packaging with a perforation", *Transactions of the Asae*, 39, 4, 1499-1504.
- HOLCROFT, D.M. e KADER, A.A. (1999a), "Controlled atmosphere-induced changes in pH and organic acid metabolism may affect color of stored strawberry fruit", *Postharvest Biology and Technology*, 17, 1, 19-32.

- HOLCROFT, D.M. e KADER, A.A. (1999b), "Carbon dioxide-induced changes in color and anthocyanin synthesis of stored strawberry fruit", *Hortscience*, 34, 7, 1244-1248.
- HOPPULA, K. B. E KARHU, S. T. (2006), "Strawberry fruit quality responses to the production environment", *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 4, 1, 166-170.
- INE (2004)_ in Anuário Vegetal Gabinete de Planeamento e Política Agro-Alimentar, Lisboa.
- IPQ. 1993. NP4258 – Análise Sensorial: Directivas Gerais para concepção dos locais apropriados para análise. Lisboa, Portugal.
- ISO. 1988. ISO 8587. Sensory Analysis-Methodology-Ranking. Switzerland.
- JACXSENS, L., DEVLIEGHERE, F. E DEBEVERE, J. (1999), "Validation of a systematic approach to design equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut produce", *Food Science and Technology-Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 32, 7, 425-432.
- JACXSENS, L., DEVLIEGHERE, F. e DEBEVERE, J. (2002), "Predictive modelling for packaging design: equilibrium modified atmosphere packages of fresh-cut vegetables subjected to a simulated distribution chain", *International Journal of Food Microbiology*, 73, 2-3, 331-341.
- JACXSENS, L., DEVLIEGHERE, F., DE RUDDER, T. E DEBEVERE, J. (2000), "Designing equilibrium modified atmosphere packages for fresh-cut vegetables subjected to changes in temperature", *Lebensmittel-Wissenschaft Und-Technologie-Food Science and Technology*, 33, 3, 178-187.
- JOLES, D.W. CAMERON, A.C. SHIRAZI APETRACEK., P.D. e BEAUDRY, R.M. (1994), "Modified atmosphere packaging of 'Heritage' red raspberry fruit: respiratory response to reduced oxygen, enhanced carbon dioxide and temperature", *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115, 540–545.

- KADER, A. (1991), "Quality and its maintenance in relation to postharvest physiology of strawberry", p. 145-152_ In LUBY, A., (ed.), *The strawberry into the 21st century*, Timber Press, Portland, Oregon, EUA.
- KADER, A., ROLLE, R. (2004), "The role of post-harvest management in assuring the quality and safety of horticultural produce, Agricultural Services Bulletin, 152, FAO.
- KADER, A., SINGH, P. e MANNAPPERUMA, (1998), "Technologies to extend the refrigerated shelf life of fresh fruits"_in, TAU e SINGH, P. (ed.), *Food storage stability*, cap. 16, CRC Press, Boca Raton.
- KADER, A.A. (1986), "Biochemical and Physiological-Basis for Effects of Controlled and Modified Atmospheres on Fruits and Vegetables", *Food Technology*, 40, 5, 99-105.
- KADER, A.A. (1987), "Respiration and gas exchange of vegetables" p. 25_ in WEICHMANN, J. (ed.), *Postharvest Physiology of Vegetables*,. Marcel Dekker, Nova Iorque, EUA.
- KADER, A.A. (2002), "Fruits in the global market"_ in *Fruit quality and its biological basis*, KNEE, M. (ed.), Sheffield Academic Press, Sheffield, Reino Unido.
- KADER, A.A. e BARRETT, D.M. (2005), "Classification, Composition of Fruits, and Postharvest Maintenance of Quality"_in BARRETT, D. M., SOMOGYI, L.ERAMASWAMY, H. (ed), *Processing Fruits, Science and Technology*, Second Edition, CRC Press, Boca Raton.
- KADER, A.A. e BEN-YEHOSHUA, S. (2000), "Effects of superatmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables", *Postharvest Biology and Technology*, 20, 1, 1-13.
- KADER, A.A., (1992) *Postharvest Technology of Horticultural Crops*, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, Pub 3311, California, EUA, 296 pp.

- KADER, A.A., ZAGORY, D. e KERBEL, E.L. (1989), "Modified Atmosphere Packaging of Fruits and Vegetables", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 28, 1, 1-30.
- KALLIO, H., HAKALA, M., PELKKIKANGAS, A.M. e LAPVETELAINEN, A. (2000), "Sugars and acids of strawberry varieties", *European Food Research and Technology*, 212, 1, 81-85.
- KALT, W.; PRANGE, R. K.; LIDSTER, P. D. (1993), "Postharvest color development of strawberries: Influence of maturity, temperature and light", *Canadian Journal of Plant Science*, 73, 541-548.
- KAYS, S.J. (1991), "*Postharvest physiology of perishable plant products*", Van Nostrand-Reinhold, Nova Iorque, EUA.
- KAYS, S.J. (1999), "Preharvest factors affecting appearance", *Postharvest Biology and Technology*, 15, 233-247.
- KE, D. e KADER A (1992), "External and internal factors influence fruit tolerance to low-oxygen atmospheres", *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117, 6, 913-918.
- KE, D., EL-SHEIKH, T., MATEOS, M., KADER, A.A., (1993), "Anaerobic metabolism of strawberries under elevated CO₂ and reduced O₂ atmospheres", *Acta Horticulturae*, 343, 93.
- KE, D.Y., GOLDSTEIN, L., OMAHONY, M. e KADER, A.A. (1991), "Effects of short-term exposure to low O₂ and high CO₂ atmospheres on quality attributes of strawberries", *Journal of Food Science*, 56, 1, 50-54.
- KE, D.Y., ZHOU, L.L. e KADER, A.A. (1994), "Mode of Oxygen and Carbon-Dioxide Action on Strawberry Ester Biosynthesis", *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119, 5, 971-975.
- KIDMOSE, U., ANDERSEN, H. E VANGPETERSEN, O. (1996), "Yield and quality attributes of strawberry cultivars grown in Denmark 1990-1991", *Fruit Varieties Journal*, 50, 3, 160-166.

- KNEE M. SARGENT J. A. OSBORNE D. J. (1977), "Cell Wall Metabolism in Developing Strawberry Fruits", *Journal of Experimental Botany*, 28, 377-396.
- KRÜGER, E., SCHMIDT, G. e RASIM, S. (2002) "Effect of irrigation on yield, fruit size and firmness of strawberry cv. Elsanta, *Acta Horticulturae*, 567, 471-474.
- LABUZA, T.P., BREENE, W.M. (1989), "Applications of 'active packaging' for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods", *Journal of Food Processing and Preservation*, 13, 1.
- LAKAKUL, R., BEAUDRY, R.M. e HERNANDEZ, R.J. (1999), "Modeling respiration of apple slices in modified-atmosphere packages", *Journal of Food Science*, 64, 1, 105-110.
- LARA, I, GARCIA, P. e VENDRELL, M. (2006), "Post-harvest heat treatments modify cell wall composition of strawberry (*Fragaria ananassa* Duch.) fruit", *Scientia Horticulturae*, 109, 48-53.
- LARA, I, GARCIA, P. e VENDRELL, M. (2004), "Modifications in cell wall composition after cold storage of calcium-treated strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruit", *Postharvest Biology and Technology*, 34, 331-339.
- LARSEN, M. e WATKINS, C.B. (1995), "Firmness and Concentrations of Acetaldehyde, Ethyl-Acetate and Ethanol in Strawberries Stored in Controlled and Modified Atmospheres", *Postharvest Biology and Technology*, 5, 1-2, 39-50.
- LEE, D.S., HAGGAR, P.E., LEE, J. e YAM, K.L. (1991), "Model for Fresh Produce Respiration in Modified Atmospheres Based on Principles of Enzyme-Kinetics", *Journal of Food Science*, 56, 6, 1580-1585.
- LEE, D.S., SONG, Y.S. E YAM, K.L. (1996), "Application of an enzyme kinetics based respiration model to permeable system experiment of fresh produce", *Journal of Food Engineering*, 27, 3, 297-310.
- LEE, K. S., e KADER, A. A. (2000), "Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops", *Postharvest Biology and Technology*, 20, 207-220.

- LI, C. e KADER, A.A. (1989), "Residual Effects of Controlled Atmospheres on Postharvest Physiology and Quality of Strawberries", *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 114, 4, 629-634.
- LOPES, A. (2006), Produção integrada em hortícolas: família das rosáceas: morangueiro. Edição em suporte digital. Oeiras. DGPC, 99 p. + anexos. ISSN 0872-3249;293; ISBN 972-8649-51-7.
- LOUGHRIN, J.H. e KASPERBAUER, M.J (2002), "Aroma of Fresh Strawberries Is Enhanced by Ripening over Red versus Black Mulch", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 1, 161 – 165.
- LURIE, S. (1998), "Postharvest heat treatments", *Postharvest Biology and Technology*, 14, 3, 257-269.
- MAKINO, Y., IWASAKI, K. e HIRATA, T. (1996), "Oxygen consumption model for fresh produce on the basis of adsorption theory", *Transactions of the Asae*, 39, 3, 1067-1073.
- MARQUENIE, D., (2002), "Evaluation of physical techniques for surface disinfection of strawberry and sweet cherry", Tese de Douturamento, Leuven, Bélgica.
- MARQUENIE, D., LAMMERTYN, J., GEERAERD, A.H., SOONTJENS, C., VAN IMPE, J.F., NICOLAI, B.M. E MICHIELS, C.W. (2002), "Inactivation of conidia of *Botrytis cinerea* and *Monilinia fructigena* using UV-C and heat treatment", *International Journal of Food Microbiology*, 74, 1-2, 27-35.
- MARQUENIE, D., MICHIELS, C.W., VAN IMPE, J.F., SCHREVEN, E. E NICOLAI, B.N. (2003), "Pulsed white light in combination with UV-C and heat to reduce storage rot of strawberry", *Postharvest Biology and Technology*, 28, 3, 455-461.
- MARTÍNEZ, G, CHAVES, A, e CIVELLO, P (2004), "β-xylosidase activity and expression of a β -xylosidase gene during strawberry fruit ripening", *Plant Physiology and Biochemistry*, 42, 2, 89-96.
- MCGUIRE, R.G. (1992), "Reporting of Objective Color Measurements", *Hortscience*, 27, 12, 1254-1255.

- MCLAUGHLIN e D. O'BEIRNE, (1999), "Respiration rate of a dry coleslaw mix as affected by storage temperature and respiratory gas concentrations" *Journal of Food Science*, 64, 116–119.
- MEILGAARD. (1991), *Sensory Evaluation Techniques*, CRC Press, Reino Unido.
- MITCHAM, E.J., CRISOSTO, C.H. e KADER, A.A., (1996), "Produce facts. Strawberry. Recommendations for maintaining postharvest quality", *Perishable Handling Newsletter*, 87, 21–22.
- MITCHELL WC, e JELENKOVIC, G. (1995), Characterizing NAD and NADP dependent alcohol dehydrogenase enzymes of strawberries, *Journal of the American Society for Horticultural Science* 120, 798–801.
- MITCHELL, F.G., MITCHAM, E., THOMPSON, J.F., e WELCH, N. (1996), Handling Strawberries for Fresh Market. Oakland, CA: Univ. Calif. Agr. Nat. Resources, 2442, 14 pp.
- MOKKILA, M., RANDELL, K., SARIOLA, J., HÄGG, M. e HÄKKINEN, U. (1997), "Improvement of the postharvest quality of strawberries", *Acta Horticulturae (ISHS)*, 439:553-558.
- MONTERO, T. M., MOLLA, E. M., ESTEBAN, R. M. e LOPEZ-ANDREU, F. J. (1996), "Quality attributes of strawberry during ripening" *Scientia Horticulturae*, 65, 239-250.
- MOORE, P.P. (2001), Firmness and drained weight of fruit of 19 strawberry clones", *HortScience*, 36, 116 117.
- MUNBODH, R., e AUMJAU, B, (2003), "Quality attributes of marquise strawberry variety", Amas, Food and agricultural research council, Réduit, Mauritius.
- NARADISORN, M. KLIEBER,, A., SEDGLEY,, SCOTT, e. ABLE, A.J. (2004), "Effect of preharvest calcium application on grey mould development and postharvest quality in strawberries", *Acta Horticulturae (ISHS)*, 708.

- NICOLAI, B, LAMMERTYN, J, SCHOTSMANS, W e VERLINDEN, B, (2005), Gas Exchange Properties of Fruit and Vegetables, Cap. 14_in SAYED e RIVZI (ed.), Engineering Properties of Foods, 3º ed, CRC, Boca Raton.
- NIGRO, F, IPPOLITO, A, LATTANZIO V, VENERE, E SALERNO M (2000), “Effect of ultraviolet-c light on postharvest decay of strawberry”, *Journal of Plant Pathology*, 82, 1, 29-37
- NUNES, M. C. N. BRECHT J. K., MORAIS A. M. M. B e SARGENT, SA (1995), “Physical and chemical quality characteristics of strawberries after storage are reduced by a short delay to cooling”, *Postharvest Biology and Technology*, 6, 1, 17-28.
- OLÍAS, J.M., SANZ, C., PÉREZ, A.G., (1998), “Postcosecha de la fresa de Huelva”, Principios básicos y tecnología. Instituto de la Grasa. CSIC. Sevilla. Espanha.
- ÖZGEN, J, P. PALTA, P e JONATHAN, D. SMITH, (2002), “Ripeness stage at harvest influences postharvest life of cranberry fruit: physiological and anatomical explanations”, *Postharvest Biology and Technology*, 24, 3, 291-299.
- PAN, J, VIENTE, A, MARTÍNEZ, G, CHAVES, A, CIVELLO, P (2004), “Combined use of UV-C irradiation and heat treatment to improve postharvest life of strawberry fruit” *J Sci Food Agric*, 84:1831–1838.
- PARASKEVOPOLOU-PAROISSI, G.; VASSILAKAKIS, M.; DOGRAS, C. (1995), “Effects of temperature, duration of cold storage and packaging on postharvest quality of strawberry fruit”, *Acta Horticulturae*, 379, 337-344.
- PARIASCA, J.A.T., MIYAZAKI, T., HISAKA, H., NAKAGAWA, H. e SATO, T. (2001), "Effect of modified atmosphere packaging (MAP) and controlled atmosphere (CA) storage on the quality of snow pea pods (*Pisum sativum* L. var. *saccharatum*)", *Postharvest Biology and Technology*, 21, 2, 213-223.
- PARK, H. J, (2002), Edible coatings for fruits, chapter 16_ in JONGEN, W (ed.), Fruit and vegetable Processing Improving quality, CRC, Boca Raton.

- PARK, H.J. (1998), Edible coatings, in ZEUTEN, P. e SORENSON, L. (ed.), *Food Preservation techniques*, cap.6, CRC, Boca Raton.
- PARK, S.-I., STAN, S.D., DAESCHEL, M.A. e ZHAO, Y. (2005), "Antifungal Coatings on Fresh Strawberries (*Fragaria ananassa*) to Control Mold Growth During Cold Storage", *Journal of Food Science*, 70, 4, 202-207.
- PAULL R., e CHEN, N. (2000), "Heat treatment and fruit ripening", *Postharvest Biology and Technology*, 21, 1, 21-23.
- PAULL, R E CHEN, N. (1990)," Heat shock response in field-grown, ripening papaya fruit", *Journal of the American Society for Horticultural Sciences*, 115, 623–631.
- PAULL, R. (1999), Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality", *Postharvest Biology and Technology*, 15, 3, 263-277.
- PELAYO, C., EBELER, S. E. e KADER, A. A. (2003), "Postharvest life and flavor quality of three strawberry cultivars kept at 5 degrees C in air or air+20 kPa CO₂", *Postharvest Biology and Technology*, 27, 171-183.
- PELAYO-ZALDIVAR, C., EBELER, S. e KADER, A.A. (2005), "Cultivar and harvest date effects on flavor and other quality attributes of California strawberries", *Journal of Food Quality*, 28, 1, 78-97.
- PEPPELENBOS, H.W. e VANT LEVEN, J. (1996), "Evaluation of four types of inhibition for modelling the influence of carbon dioxide on oxygen consumption of fruits and vegetables", *Postharvest Biology and Technology*, 7, 1-2, 27-40.
- PÉREZ, AG, OLÍAS, R, SANZ, C, OLÍAS JM. (1992), "Aroma components and free amino acids in strawberry variety Chandler during ripening", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 40, 2232–2235.
- PÉREZ, AG, RÍOS, JJ, SANZ, C, e OLÍAS, JM. (1993), "Partial purification and some properties of alcohol acyltransferase from strawberry fruit", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41, 1462–1466.
- PEREZ, AG, SANZ, C, OLIAS, R e OLIAS, JM. (1997), "Aroma Quality evaluation of Strawberry", *Acta Horticulturae*, 439, 337-340.

- PÉREZ, AG, SANZ, C, OLÍAS R, RÍOS, JJ, OLÍAS JM. (1996a), "Evolution of strawberry alcohol acyltransferase activity during fruit development and storage", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 3286–3290.
- PEREZ, A.G. e SANZ, C. (2001), "Effect of high-oxygen and high-carbon-dioxide atmospheres on strawberry flavor and other quality traits", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5, 2370-2375.
- PEREZ, A.G., OLIAS, R., SANZ, C. e OLIAS, J.M., (1996b), "Furanones in strawberries: evolution during ripening and postharvest shelf life", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 3620–3624.
- PERKINS-VEAZIE P (1995), "Growth and ripening of strawberry fruit", *Horticultural Reviews*, 17, 267–297.
- PERKINS-VEAZIE PM, HUBER DJ. (1992) "Development and evaluation of an in vitro system to study strawberry fruit development", *Journal of Experimental Botany*, 43, 495-501.
- PERKINS-VEAZIE, P.M., HUBER, D.J., BRECHT, J.K. (1995), "Characterization of ethylene production in developing strawberry fruit", *Plant Growth Regulation*, 17, 33-39.
- PETRACEK, P.D., JOLES, D.W., SHIRAZI, A. e CAMERON, A.C. (2002), "Modified atmosphere packaging of sweet cherry (*Prunus avium* L., ev. 'Sams') fruit: metabolic responses to oxygen, carbon dioxide, and temperature", *Postharvest Biology and Technology*, 24, 3, 259-270.
- PICON, A., MARTINEZJAVEGA, J.M., CUQUERELLA, J., DELRIO, M.A. E NAVARRO, P. (1993), "Effects of Precooling, Packaging Film, Modified Atmosphere and Ethylene Absorber on the Quality of Refrigerated Chandler and Douglas Strawberries", *Food Chemistry*, 48, 2, 189-193.
- PRANGE, R.K. AND J.R. DEELL. (1997), "Preharvest factors affecting postharvest quality of berry crops", *HortScience* 32:824-830.

- PYYSAALO, T., HONKANEN, E. e HIRVI, T., (1979), “Volatiles of wild strawberries, *Fragaria vesca* L., compared to those of cultivated berries, *Fragaria x ananassa* cv. Senga Sengana”. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 27, 19–22.
- QIAN, M., FINN, C. e SCHROEDER, J. M. (2005), “Objective Flavor Comparison of Oregon Strawberries and those from other climatic condition” Progress report FY, Oregon Strawberry Commission, Oregon, disponível on-line em: <http://www.oregon-strawberries.org/sx7/Qian-Objective-Flavor-Comparison-of-Oregon-Strawberries.pdf>, extraído em 13/12/2006.
- RAGAERT, P., FRANK, V., DEVLIEGHERE, F. e DEBEVERE, J. (2004), “Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits”, *Food Quality and Preference*, 15, 3, 259-270.
- RATTI, C., RAGHAVAN, G.S.V. e GARIEPY, Y. (1996), "Respiration rate model and modified atmosphere packaging of fresh cauliflower", *Journal of Food Engineering*, 28, 3-4, 297-306.
- REDGWELL, R.J., MACRAE, E., HALLETT I, FISHER, M., PERRY, J., e HARKER, R. (1997), “In vivo and in vitro swelling of cell walls during fruit ripening”, *Planta*, 203, 162–173.
- REGULAMENTO (CE) N.º 843/2002. Jornal Oficial L 134 de 22.5.2002, p. 24-28.
- REGULAMENTO (CE) N.º 46/2003. Jornal Oficial L 7 11.1.2003, p.61.
- REGULAMENTO (CE) N.º 907/2004. Jornal Oficial L 163 30.4.2004, p.50.
- REITMEIER, C. A.; NONNECKE, G. R. (1991), “Objective and sensory evaluation of fresh fruit of day-neutral strawberry cultivars”, *HortScience*, 26, 7, .843-845.
- RENAULT, P., SOUTY, M. e CHAMBROY, Y. (1994a), "Gas-Exchange in Modified Atmosphere Packaging 1. A New Theoretical Approach for Micro-Perforated Packs", *International Journal of Food Science and Technology*, 29, 4, 365-378.
- RENAULT, P., HOUAL, L., JACQUEMIN, G. e CHAMBROY, Y. (1994b), "Gas-Exchange in Modified Atmosphere Packaging, 2. Experimental Results with

- Strawberries", *International Journal of Food Science and Technology*, 29, 4, 379-394.
- RIBEIRO, C. M. C. P., (2005), Estudo de estratégias para valorização de morango industrial, Dissertação de mestrado, Universidade do Minho.
- RICE-EVANS CA, MILLER NJ. (1996), "Antioxidant activities of flavonoids as bioactive components of food, *Biochemical Society Transactions*, 24, 3, 790-795.
- ROCHA, A.M.C.N., BARREIRO, M. G., e MORAIS, A.M.M.B (2004), "Modified atmosphere package for apple 'Bravo de Esmolfe'", *Food Control*, 15, 61-64.
- ROCHA, A.M.C.N., FERREIRA, J.F.F.C., SILVA, A.M.M., ALMEIDA, G.N., e MORAIS, A.M.M.B. (2007), "Quality of grated carrot (var. Nantes) packed under vacuum", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 87, 447-451.
- ROSLI, H. G., CIVELLO, P. M. e MARTINEZ, G. A. (2004), "Changes in cell wall composition of three *Fragaria x ananassa* cultivars with different softening rate during ripening", *Plant Physiology and Biochemistry*, 42, 823-831.
- SACKS, E.J. e SHAW, D.V. (1994), "Optimum Allocation of Objective Color Measurements for Evaluating Fresh Strawberries", *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119, 2, 330-334.
- SAKS Y., COPEL A., e BARKAI-GOLAN R., (1996), "Improvement of harvested strawberry quality by illumination: colour and Botrytis infection" *Postharvest Biology and Technology*, 8, 19-27.
- SALTVEIT, M. (1997), "Physical and physiological changes in the minimally processed fruits and vegetables" _in ROBINS, T.B.. (ed), *Phytochemistry of Fruit and Vegetables*, Clarendon Press, Oxford.
- SAMS, C. E. (1999), "Preharvest factors affecting postharvest texture" *Postharvest Biology and Technology*, 15, 249-254.
- SANZ, C., PEREZ, A.G., OLIAS, R. E OLIAS, J.M. (1999), "Quality of strawberries packed with perforated polypropylene", *Journal of Food Science*, 64, 4, 748-752.

- SANZ, C., PEREZ, A.G., OLIAS, R. e OLIAS, J.M. (2000), "Modified atmosphere packaging of strawberry fruit: Effect of package perforation on oxygen and carbon dioxide", *Food Science and Technology International*, 6, 1, 33-38.
- SHAMAILA, BAUMANN, T.E., EATON, G.W., POWRIE, W.D. e SKURA, B.J. (1992.), "Quality attributes of strawberry cultivars grown in British Columbia", *Journal Food Science*, 57, 3, 696-699.
- SHAW D. (1988), "Genotypic variation and genotypic correlations for sugars and organic acids of strawberries", *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 113, 5, 770-774.
- SHAW D. (1990), "Response to selection and associated changes in genetic variance for soluble solids and titratable acids content in strawberries", *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 115, 839–843.
- SHEWFELT, R.L. (1999), "What is quality?" *Postharvest Biology and Technology*, 15, 3, 197-200.
- SISTRUNK, W.A. e MOORE, J.N. (1967), "Assessment of strawberry quality-fresh and frozen", *Food Technology*, 21, 3A, 449-451.
- SISTRUNK, W.A. E MORRIS, J.R., (1978), "Storage stability of strawberry products manufactured from mechanically harvested strawberries", *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 103, 616–620.
- SKUPIEN, K. e OSZMIANSKI, J. (2004), "Comparison of six cultivars of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in northwest Poland", *European Food Research and Technology*, 219, 1, 66-70.
- SMITH, R. B. (1992), "Controlled atmosphere storage of "Readcoat" strawberry fruit", *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 117, 2, 260-264,
- SMITH, R.B. e SKOG, L.J., (1992), "Postharvest carbon dioxide treatment enhances firmness of several cultivars of strawberry", *HortScience*, 27, 420–421.

- SMYTH, A.B., SONG, J. e CAMERON, A.C. (1998), "Modified atmosphere packaged cut iceberg lettuce: Effect of temperature and O₂ partial pressure on respiration and quality", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46, 11, 4556-4562.
- SONG, Y., VORSA, N. e YAM, K.L. (2002), "Modeling respiration-transpiration in a modified atmosphere packaging system containing blueberry", *Journal of Food Engineering*, 53, 2, 103-109.
- SOUTHON S. e FAULKES R, (2002), "Health benefits of increased fruit and vegetable consumption", _ in JONGEN, W (ed.), *Fruit and vegetable Processing Improving quality*, cap. 2, CRC, Boca Raton.
- SOUTHON, S. (2000), "Increased fruit and vegetable consumption within the EU: potential health benefits", *Food Research International*. 33, 211-217.
- STURM, K., KORON, D. E STAMPAR, F. (2003), "The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage", *Food Chemistry*, 83, 417-422.
- SURJADINATA, B.B; CISNEROS-ZEVALLOS, L. (2003), Modeling Wound-induced Respiration of Fresh-cut Carrots (*Daucus carota* L.), *Journal of Food Science*, 68, 9 2735.
- TABIL, L., SOKHANSANJ, S. (2001), "Mechanical and Temperature Effects on Shelf Life Stability of Fruits and Vegetables"_ in CLYDESDALE, F. M. (ed), *Food Shelf Life Stability: Chemical, Biochemical, and Microbiological Changes*, CRC, Boca Raton.
- TALASILA, P.C., CHAU, K.V. e BRECHT, J.K. (1992), "Effects of Gas Concentrations and Temperature on O₂ Consumption of Strawberries", *Transactions of the Asae*, 35, 1, 221-224.
- TALASILA, P.C., CHAU, K.V. e BRECHT, J.K. (1995), "Design of Rigid Modified Atmosphere Packages for Fresh Fruits and Vegetables", *Journal of Food Science*, 60, 4, 758-766.
- TALASILA; P. (1992), "Modelling of heat and mass transfer in a modified atmosphere package, PhD thesis, Universidade da Flórida.

- TALBOT, M.T. e CHAU, K.V., (1991), "Precooling strawberries", Circular No. 942, Florida Cooperative Extension Service, IFAS, University of Florida, Gainesville, FL, USA.
- TANADA-PALMU, P.S. E GROSSO, C.R.F. (2005), "Effect of edible wheat gluten-based films and coatings on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality", *Postharvest Biology and Technology*, 36, 2, 199-208.
- THOMPSON, A.K. (1998) *Controlled atmosphere storage of fruits and vegetables*. CAB International, EUA.
- TIAN, M.S., PRAKASH, S., ELGAR, H.J., YOUNG, H. D. BURMEISTER, M.E ROSS, G.S. (2000), "Responses of strawberry fruit to 1-Methylcyclopropene (1-MCP) and ethylene", *Plant Growth Regulation*, 32: 83–90.
- TOMAS-BARBERAN, F.A. e J.C. ESPIN. (2001) "Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 81:853-876.
- TRAINOTTI L.FERRARESE L.; VECCHIA F. D.; RASCIO N.; CASADORO, G. (1999), "Two different endo- β -1,4-glucanases contribute to the softening of the strawberry fruits", *Journal of plant physiology*, 154, 3, 355-362.
- TRAINOTTI, L. SPINELLO, R. PIOVAN, A. SPOLAORE, S. CASADORO, (2001), "Beta-Galactosidases with a lectin-like domain are expressed in strawberry", *Journal of Experimental Botany*, 52, 361-370.
- TRAINOTTI, L., PAVANELLO, A., CASADORO, G, (2005), "Different ethylene receptors show an increased expression during the ripening of strawberries: does such an increment imply a role for ethylene in the ripening of these non-climacteric fruits?" *Journal of Experimental Botany*, 56, 418, 2037–2046.
- UCHINO, T., NEI, D., HU, W.Z. e SOROUR, H. (2004), "Development of a mathematical model for dependence of respiration rate of fresh produce on temperature and time", *Postharvest Biology and Technology*, 34, 3, 285-293.

- ULRICH, D., HOBERG, E., RAPP, A. e KECKE, S. (1997), "Analysis of strawberry flavour - discrimination of aroma types by quantification of volatile compounds", *European Food Research and Technology*, 205, 3, 218-223.
- VAN DER STEEN, C., JACXSENS, L., DEVLIEGHIERE, F. e DEBEVERE, J. (2002), "Combining high oxygen atmospheres with low oxygen modified atmosphere packaging to improve the keeping quality of strawberries and raspberries", *Postharvest Biology and Technology*, 26, 1, 49-58.
- VARGAS M., ALBORS, A. CHIRALT A. e GONZÁLEZ-MARTÍNE C Z (2006), "Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan-oleic acid edible coatings", *Postharvest Biology and Technology*, 41, 2,, 164-171.
- VICENTE, A, MARTÍNEZ, G, CHAVES. A, e CIVELLO, P (2006), "Effect of heat treatment on strawberry fruit damage and oxidative metabolism during storage", *Postharvest Biology and Technology*, 40, 4, 116-122.
- VICENTE, A. R., (2004), "Efecto de tratamientos térmicos de alta temperatura sobre calidad y fisiología postcosecha de frutillas (*Fragaria x ananassa* Duch.)", Trabalho de Tese de Doutorado, Universidade Nacional de La Plata, Espanha.
- VICENTE, A.R., MARTINEZ, G.A., CHAVES, A.R. e CIVELLO, P.M. (2003), "Influence of self-produced CO₂ on postharvest life of heat-treated strawberries", *Postharvest Biology and Technology*, 27, 3, 265-275.
- VICENTE, A.R., MARTINEZ, G.A., CIVELLO, P.M. e CHAVES, A.R. (2002), "Quality of heat-treated strawberry fruit during refrigerated storage", *Postharvest Biology and Technology*, 25, 1, 59-71.
- VICENTE, A.R., PINEDA, C., LEMOINE, L., CIVELLO, P.M., MARTINEZ, G.A. E CHAVES, A.R. (2005), "UV-C treatments reduce decay, retain quality and alleviate chilling injury in pepper", *Postharvest Biology and Technology*, 35, 1, 69-78.
- WANG, H., CAO, G. e PRIOR, R.L. (1997), "Oxygen Radical Absorbing Capacity of Anthocyanins", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 45, 2, 304-309.

- WANG, H., CAO, G. e PRIOR, R.L., (1996), "Total antioxidant capacity of fruits", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44, 701–705.
- WANG, S. E CAMP, M. (2000), "Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry", *Scientia Horticulturae*, 85, 3, 183-199.
- WANG, S. Y. E LIN, H.S. (2000), "Antioxidant Activity in Fruits and Leaves of Blackberry, Raspberry, and Strawberry Varies with Cultivar and Developmental Stage", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 140–146.
- WANG, S.Y e ZHENG, W. (2001) Effect of plant growth temperature andn antioxidant capacity in strawberry, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49:4977-4982.
- WANG, S.Y. e CAMP, M.J., (2000), "Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry", *Scientia Horticulturae*, 85, 183–199.
- WANG, S.Y. e JIAO, H., (2000)," Scavenging capacity of berry crops on superoxide radicals, hydrogen peroxide, hydroxyl radicals, and singlet oxygen", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 5677–5684.
- WANG, S.Y., GALLETTA, G.J., CAMP, M.J. e KASPERBAUER, M.J. (1998), "Mulch types affect fruit quality and composition of two strawberry genotypes", *Hortscience*, 33, 4, 636-640.
- WANG, S.Y., ZHENG, W. AND GALLETTA, G.J., (2002), "Cultural system affects quality and antioxidant capacity in strawberries, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 6534–6542.
- WATKINS, C., MANZANO-MENDEZ, J., NOCK, J. (1999), "Cultivar variation in response of strawberry fruit to high carbon dioxide treatments", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 886-890.
- WATKINS, C.B. (2000) "Responses of horticultural commodities to high carbon dioxide as relatd to modified atmosphere packaging", *HortTechnology*, 10:501-506.
- WATSON, R.. WRIGHT C. J, MCBURNEY T.,. TAYLOR A. J , AND. LINFORTH R. S. T. (2002), "Influence of harvest date and light integral on the development of

- strawberry flavour compounds", *Journal of Experimental Botany*, 53: 2121-2129.
- WELLS, J. M.; COTA, M. (1970), "Germination and growth of five fungi in low-oxygen and high-carbon dioxide atmospheres" *Phytopathology*, 60, 50-53.
- WHITE, P.J. (2002), "Recent advances in fruit development and ripening: an overview", *Journal of Experimental Botany*, 53, 377, 1995-2000.
- WILLS, R.; MCGLASSON, B.; GRAHAM, D.; JOYCE, D., (1998), *Postharvest: An Introduction to the Physiology & Handling of Fruit, Vegetables and ornamentals*, CAB Internacional.
- WILLS, R.B.H. e KIM, G.H. (1995), "Effect of ethylene on postharvest life of strawberries", *Postharvest Biology and Technology*, 6, 3-4, 249-255.
- WOODWARD, J.R. (1972), "Physical and chemical changes in developing strawberry fruits", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 23, 4, 465-473.
- WOODWARD, JR, TOPPING, AJ. (1972) "The influence of controlled atmospheres on the respiration rates and storage behaviour of strawberry", *Journal of Horticultural Science*, 23, 4, 465-501.
- WOZNIAK, W., RADAJEWSKA, B., RESZELSKA-SIECIECHOWICZ, A, e DEJWOR, I. (1997), Sugars and acid content influence organoleptic evaluation of fruits of ix strawberry cultivars from controlled cultivation, *Acta Horticulturae*, 439, 333–336.
- WROLSTAD, R. E., PUTNAM, T., VARSEVELD. G. W. (1970), "Color quality of frozen strawberries: effect of anthocyanin, ph, total acidity and ascorbic acid variability", *Journal of Food Science*, 5, 448-451.
- WSZELAKI, A.L. e MITCHAM, E.J. (2000), "Effects of superatmospheric oxygen on strawberry fruit quality and decay", *Postharvest Biology Technology*, 20, 125–133.
- WSZELAKI, A.L. e MITCHAM, E.J. (2003), "Effect of combinations of hot water dips, biological control and controlled atmospheres for control of gray mold on harvested strawberries", *Postharvest Biology and Technology*, 27, 3, 255-264.

- YANG, C.C. e CHINNAN, M.S. (1987), "Modeling of Color Development of Tomatoes in Modified Atmosphere Storage", *Transactions of the Asae*, 30, 2, 548-553.
- YANG, C.C. e CHINNAN, M.S. (1988a), "Modeling the Effect of O₂ and CO₂ on Respiration and Quality of Stored Tomatoes", *Transactions of the Asae*, 31, 3, 920-925.
- YANG, C.C. e CHINNAN, M.S. (1988b), "Computer Modeling of Gas-Composition and Color Development of Tomatoes Stored in Polymeric Film", *Journal of Food Science*, 53, 3, 869-872.
- YU, L. REITMEIER C.A., LOVE M.H. (1996), "Strawberry Texture and Pectin Content as Affected by Electron Beam Irradiation", *Journal of Food Science*, 61, 4, 844-845.
- YU, L., REITMEIER, C.A., GLEASON, M.L., NONNECKE, G.R., OLSON, D.G. e GLADON, R.J. (1995), "Quality of Electron Beam Irradiated Strawberries", *Journal of Food Science*, 60, 5, 1084-1087.
- ZABETAKIS, I. e HOLDEN, M.A. (1997), "Strawberry Flavour: Analysis and Biosynthesis", *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 74, 421-434.
- ZAGORY, D. e KADER, A.A. (1988), "Modified Atmosphere Packaging of Fresh Produce", *Food Technology*, 42, 9, 70-77.
- ZAGORY, D., (1995), Principles and practice of modified atmosphere packaging of horticultural commodities_in FARBER, J.M.; DODDS, S.K.L. (ed.), *Principles of modified-atmosphere and sous-vide product packaging*, Lancaster, PA, Technomic Publishing, 175-204.
- ZHANG, D. e QUANTICK, P. (1998), "Antifungal effects of chitosan coating on fresh strawberries and raspberries during storage", *Journal of Horticultural Science e Biotechnology*, 73, 6, 763-767.
- ZHANG, J.Z.J. e WATKINS, C.B. (2005), "Fruit quality, fermentation products, and activities of associated enzymes during elevated CO₂ treatment of strawberry fruit at high and low temperatures", *Journal of the American Society for Horticultural*

Science, 130, 1, 124-130.

ZHANG, M, GONGNIAN, X, PENG, J, e SALOKHE, M (2005), "Effects of Single and Combined Atmosphere Packages on Preservation of Strawberries", *International Journal of Food Engineering*, 1, 4, 130-143.

ZHENG, Y, WANG, S, WANG, C, ZHENG, W. (2005), "Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments", *LWT*.

ZHU, M., CHU, C.L., WANG, S.L. e LENCKI, R.W. (2001), "Influence of oxygen, carbon dioxide, and degree of cutting on the respiration rate of rutabaga", *Journal of Food Science*, 66, 1, 30-37.

ZHU, M., CHU, C.L., WANG, S.L. e LENCKI, R.W. (2002), "Predicting oxygen and carbon dioxide partial pressures within modified atmosphere packages of cut rutabaga", *Journal of Food Science*, 67, 2, 714-720.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de avaliação sensorial utilizada na avaliação de morango fresco.

ANÁLISE SENSORIAL A MORANGOS

Nome..... Data (questionário):

Após completar o quadro acima, avalie a amostra apresentada, assinalando a pontuação desejada.

Antes de provar a amostra seguinte deverá passar a boca por água, mastigar um pouco de bolacha de água e sal e esperar pelo menos 1 minuto, de forma a garantir o desaparecimento de todos os sabores provenientes da amostra anterior.

Se tiver qualquer dúvida/questão solicite a presença do orientador do painel através do sinal luminoso.

Utilize a seguinte escala para avaliação

Atributo Nada intenso Extremamente intenso

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|

Classifique o produto relativamente aos seguintes parâmetros:

Código

| | Nada intenso | | Extremamente intenso | | Extremamente intenso | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------------|---|----------------------|---|----------------------|---|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| Aparência | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cor vermelha | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Brilho | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Uniformidade | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Odor | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estranho | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A morango | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Textura (na boca) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Suculência | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Firmeza | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sabor | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Doce | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ácido | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A morango | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Estranho | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Anexo 2: Ficha de avaliação sensorial utilizada na avaliação de morango fresco

ANÁLISE SENSORIAL A MORANGOS

Nome..... Data (questionário):

Após completar os ensaios anteriores, avalie as amostras colocando-as segundo ordem crescente de preferência.

Menos preferida

Mais preferida

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
|--|--|--|--|

Comentários adicionais:

.....

.....

.....

.....

Anexo 3: Resultados das análises estatísticas efectuadas.

Quadro 1: Resultado da ANOVA a dois factores (tempo e cultivar) para a variável Força Máxima – externa (kg).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fext

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|-----------------|----|----------|------|-----------------------------|
| Corrected Model | 4 | 33,484 | ,000 | 1,000 |
| Intercept | 1 | 1116,902 | ,000 | 1,000 |
| Tempo | 1 | 97,092 | ,000 | 1,000 |
| vARIEDADE | 3 | 11,797 | ,000 | 1,000 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 2: Resultado do teste de comparação à posteriori, para o factor Cultivar. Variável: Força Máxima – externa (kg).

Tukey HSD^{a,b,c}

| vARIEDADE | N | Subset | |
|------------|----|--------|-------|
| | | 1 | 2 |
| Endurance | 37 | ,0562 | |
| Commitment | 35 | ,0570 | |
| Camarosa | 35 | | ,0826 |
| Ventana | 35 | | ,0830 |
| Sig. | | ,999 | 1,000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,001.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 35,479.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Quadro 3: Resultado da ANOVA a dois factores (tempo e cultivar) para a variável Força Máxima – interna (kg).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Fint

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|-----------|----|----------|------|-----------------------------|
| Intercept | 1 | 3280,125 | ,000 | 1,000 |
| Tempo | 1 | 6,179 | ,014 | ,697 |
| vARIEDADE | 3 | 57,198 | ,000 | 1,000 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 4: Resultado do teste de comparação à posteriori, para o factor Cultivar. Variável: Força – interna (kg).

Tukey HSD^{a,b}

| vARIEDADE | N | Subset | | |
|------------|----|--------|-------|-------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Endurance | 60 | ,0152 | | |
| Commitment | 60 | | ,0242 | |
| Camarosa | 60 | | | ,0278 |
| Ventana | 60 | | | ,0296 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | ,410 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 4,28E-005.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 60,000.

b. Alpha = ,05.

Quadro 5: Resultado da ANOVA a dois factores (tempo e cultivar) para a variável SST (°Brix).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Brix

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|-----------|----|----------|------|-----------------------------|
| Intercept | 1 | 3009,719 | ,000 | 1,000 |
| Tempo | 1 | 11,914 | ,002 | ,914 |
| vARIEDADE | 3 | 4,753 | ,009 | ,851 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 6: Resultado do teste de comparação à posteriori, para o factor Cultivar. Variável: SST (°Brix).

Tukey HSD^{a,b}

| vARIEDADE | N | Subset | |
|------------|---|--------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Camarosa | 8 | 8,2750 | |
| Ventana | 8 | 8,5875 | |
| Commitment | 8 | 8,8000 | 8,8000 |
| Endurance | 8 | | 9,9000 |
| Sig. | | ,665 | ,101 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,840.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,000.

b. Alpha = ,05.

Quadro 7: Resultado da ANOVA a dois factores (tempo e cultivar) para a variável Acidez Titulável (g ácido cítrico/ 100 g de produto).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: TA

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|-----------|----|---------|------|-----------------------------|
| Intercept | 1 | 895,877 | ,000 | 1,000 |
| Tempo | 1 | 1,110 | ,315 | ,161 |
| vARIEDADE | 3 | ,151 | ,927 | ,070 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 8: Resultado da ANOVA a dois factores (tempo e cultivar) para a variável pH.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: pH

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|-----------|----|-----------|------|-----------------------------|
| Intercept | 1 | 14467,240 | ,000 | 1,000 |
| Tempo | 1 | ,027 | ,870 | ,053 |
| vARIEDADE | 3 | 6,724 | ,002 | ,953 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 9: Resultado do teste de comparação à posteriori, para o factor Cultivar. Variável: pH.

Tukey HSD^{a,b}

| vARIEDADE | N | Subset | |
|------------|---|--------|--------|
| | | 1 | 2 |
| Camarosa | 8 | 3,3020 | |
| Ventana | 8 | 3,3324 | |
| Endurance | 8 | | 3,5709 |
| Commitment | 8 | | 3,5763 |
| Sig. | | ,982 | 1,000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,026.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 8,000.

b. Alpha = ,05.

Quadro 10: Resultado da ANOVA a dois factores (tempo e cultivar) para a variável razão açúcar/ácido.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: acratio

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|-----------|----|---------|------|-----------------------------|
| Intercept | 1 | 457,545 | ,000 | 1,000 |
| Tempo | 1 | 4,398 | ,060 | ,481 |
| vARIEDADE | 3 | ,714 | ,564 | ,156 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 11: Resultado da ANOVA a dois factores (tempo e cultivar) para a variável concentração em Antocianinas ($\mu\text{mol/kg}$).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: ant

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|-----------|----|---------|------|-----------------------------|
| Intercept | 1 | 286,932 | ,000 | 1,000 |
| Tempo | 1 | ,259 | ,615 | ,078 |
| vARIEDADE | 3 | 11,016 | ,000 | ,997 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 12: Resultado do teste de comparação à posteriori, para o factor Cultivar. Variável: concentração em Antocianinas ($\mu\text{mol/kg}$).

Tukey HSD^{a,b,c}

| vARIEDADE | N | Subset | | |
|------------|---|----------|----------|----------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Endurance | 8 | 263,4487 | | |
| Commitment | 8 | 440,6288 | 440,6288 | |
| Ventana | 6 | | 654,2683 | 654,2683 |
| Camarosa | 8 | | | 683,5838 |
| Sig. | | ,184 | ,081 | ,985 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 26507,596.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7,385.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = ,05.

Quadro 13: Resultado da ANOVA a dois factores (tempo e cultivar) para a variável perda de peso (%).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: weightloss

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|-----------|----|---------|------|-----------------------------|
| Intercept | 1 | 389,022 | ,000 | 1,000 |
| Tempo | 1 | 196,476 | ,000 | 1,000 |
| vARIEDADE | 3 | 2,132 | ,130 | ,458 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 14: Resultado da ANOVA (factor: temperatura) para a variável taxa de respiração relativa a O₂ (RO₂, mL/kg/h), para morango das cultivares Camarosa e Ventana.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: RO2

| VARIEDADE | Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|-----------|--------|----|--------|------|-----------------------------|
| Camarosa | T | 2 | 32,618 | ,000 | 1,000 |
| Ventana | T | 2 | 32,155 | ,001 | 1,000 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 15: Resultado da análise de comparação múltipla à posteriori, com o teste de LSD, para a variável taxa de respiração relativa a O₂ (RO₂, mL/kg/h), para morango da cultivar Camarosa.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: RO2

| VARIEDADE | (I) T | (J) T | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | |
|-----------|-------|-------|-----------------------|------------|------|-------------------------|-------------|
| | | | | | | Lower Bound | Upper Bound |
| LSD | 4 | 12 | -10,4325* | 3,83580 | ,024 | -19,1097 | -1,7553 |
| | | 20 | -30,4800* | 3,83580 | ,000 | -39,1572 | -21,8028 |
| | 12 | 4 | 10,4325* | 3,83580 | ,024 | 1,7553 | 19,1097 |
| | | 20 | -20,0475* | 3,83580 | ,001 | -28,7247 | -11,3703 |
| | 20 | 4 | 30,4800* | 3,83580 | ,000 | 21,8028 | 39,1572 |
| | | 12 | 20,0475* | 3,83580 | ,001 | 11,3703 | 28,7247 |

Quadro 16: Resultado da análise de comparação múltipla à posteriori, com o teste de Tukey HSD, para a variável taxa de respiração relativa a O₂ (RO₂, mL/kg/h), para morango da cultivar Ventana.

VARIEDADE=Ventana

| T | N | Subset | | |
|----------------------------|----|--------|--------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey HSD ^{a,b,c} | 4 | 3 | 5,1500 | |
| | 12 | 4 | | 18,3075 |
| | 20 | 2 | | 27,8300 |
| Sig. | | | 1,000 | 1,000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 10,175.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,769.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Quadro 17: Resultado da ANOVA (factor: temperatura) para a variável taxa de respiração relativa a CO₂ (RCO₂, mL/kg/h), para morango das cultivares Camarosa e Ventana.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: RCO2

| VARIEDADE | Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|-----------|--------|----|--------|------|-----------------------------|
| Camarosa | T | 2 | 37,271 | ,000 | 1,000 |
| Ventana | T | 2 | 68,885 | ,000 | 1,000 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 18: Resultado da análise de comparação múltipla à posteriori, com o teste de LSD, para a variável taxa de respiração relativa a O₂ (RO₂, mL/kg/h), para morango da cultivar Camarosa.

Multiple Comparisons

Dependent Variable: RCO2

| VARIEDADE | (I) T | (J) T | Mean Difference (I-J) | Std. Error | Sig. | 95% Confidence Interval | | |
|-----------|-------|-------|-----------------------|------------|---------|-------------------------|-------------|----------|
| | | | | | | Lower Bound | Upper Bound | |
| Camarosa | LSD | 4 | 12 | -10,7550* | 3,74380 | ,018 | -19,2241 | -2,2859 |
| | | | 20 | -31,7750* | 3,74380 | ,000 | -40,2441 | -23,3059 |
| | | 12 | 4 | 10,7550* | 3,74380 | ,018 | 2,2859 | 19,2241 |
| | | | 20 | -21,0200* | 3,74380 | ,000 | -29,4891 | -12,5509 |
| | | 20 | 4 | 31,7750* | 3,74380 | ,000 | 23,3059 | 40,2441 |
| | | | 12 | 21,0200* | 3,74380 | ,000 | 12,5509 | 29,4891 |

Quadro 19: Resultado da análise de comparação múltipla à posteriori, com o teste de Tukey HSD, para a variável taxa de respiração relativa a O₂ (RO₂, mL/kg/h), para morango da cultivar Ventana.

VARIEDADE=Ventana

| T | N | Subset | | |
|----------------------------|----|--------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey HSD ^{a,b,c} | 4 | 3 | 5,7767 | |
| | 12 | 4 | 17,8175 | |
| | 20 | 2 | | 31,2950 |
| Sig. | | | 1,000 | 1,000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 5,726.

- Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,769.
- The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- Alpha = ,05.

Quadro 20: Resultado da ANOVA (factor: temperatura) para a variável Quociente Respiratório, para morango das cultivares Camarosa e Ventana.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: QR

| VARIEDADE | Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|-----------|--------|----|-------|------|-----------------------------|
| Camarosa | T | 2 | ,194 | ,827 | ,072 |
| Ventana | T | 2 | 1,083 | ,397 | ,164 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 21: Estatísticas mais relevantes para as taxas de respiração, consumo de O₂ e produção de CO₂, e quociente respiratório obtido ao longo do tempo de armazenamento a várias temperaturas, de morango cultivar Camarosa.

| T (°C) | Tempo (h) | n | Média | DP | Err. padrão | IC 95% | | |
|--------|------------------|----|-------|-------|-------------|----------------------|-----------------|---------------|
| | | | | | | Lim. inf – lim. sup. | Mínimo - máximo | |
| 20 | RO ₂ | 0 | 3 | 43,97 | 2,73 | 1,58 | 37,18 - 50,76 | 41,66 - 46,99 |
| | | 4 | 3 | 41,62 | 2,06 | 1,19 | 36,5 - 46,74 | 39,26 - 43,06 |
| | | 8 | 3 | 47,15 | 2,72 | 1,57 | 40,38 - 53,92 | 44,03 - 49,07 |
| | | 23 | 3 | 58,54 | 0,46 | 0,26 | 57,4 - 59,68 | 58,02 - 58,89 |
| 20 | RCO ₂ | 0 | 3 | 43,98 | 2,88 | 1,66 | 36,82 - 51,13 | 41,66 - 47,2 |
| | | 4 | 3 | 52,04 | 2,42 | 1,40 | 46,03 - 58,05 | 50,28 - 54,8 |
| | | 8 | 3 | 45,52 | 2,45 | 1,42 | 39,42 - 51,61 | 44,03 - 48,35 |
| | | 23 | 3 | 49,89 | 4,12 | 2,38 | 39,64 - 60,13 | 45,13 - 52,34 |
| 20 | QR | 0 | 3 | 1,00 | 0,09 | 0,05 | 0,79 - 1,22 | 0,92 - 1,09 |
| | | 4 | 3 | 0,80 | 0,04 | 0,02 | 0,7 - 0,9 | 0,77 - 0,85 |
| | | 8 | 3 | 1,04 | 0,06 | 0,04 | 0,88 - 1,2 | 1 - 1,11 |
| | | 23 | 3 | 1,18 | 0,09 | 0,05 | 0,95 - 1,41 | 1,13 - 1,29 |
| 16 | RO ₂ | 0 | 3 | 31,81 | 4,01 | 2,31 | 21,86 - 41,76 | 28,01 - 36 |
| | | 4 | 3 | 33,32 | 2,46 | 1,42 | 27,2 - 39,44 | 30,48 - 34,86 |
| | | 22 | 3 | 34,07 | 5,96 | 3,44 | 19,27 - 48,86 | 27,19 - 37,55 |
| | | 26 | 3 | 43,16 | 6,80 | 3,92 | 26,28 - 60,04 | 35,44 - 48,25 |
| | | 30 | 3 | 37,67 | 6,64 | 3,83 | 21,17 - 54,17 | 30,48 - 43,58 |
| 16 | RCO ₂ | 0 | 3 | 36,00 | 1,71 | 0,99 | 31,74 - 40,25 | 34,28 - 37,71 |
| | | 4 | 3 | 37,67 | 2,46 | 1,42 | 31,56 - 43,77 | 34,84 - 39,22 |
| | | 22 | 3 | 37,49 | 5,35 | 3,09 | 24,2 - 50,78 | 32,11 - 42,81 |
| | | 26 | 3 | 41,42 | 5,34 | 3,08 | 28,16 - 54,67 | 35,44 - 45,71 |
| | | 30 | 3 | 43,46 | 7,47 | 4,31 | 24,9 - 62,02 | 34,84 - 47,93 |
| 16 | QR | 0 | 3 | 0,89 | 0,13 | 0,08 | 0,56 - 1,21 | 0,74 - 1 |
| | | 4 | 3 | 0,88 | 0,01 | 0,00 | 0,86 - 0,9 | 0,87 - 0,89 |
| | | 22 | 3 | 0,91 | 0,08 | 0,05 | 0,7 - 1,11 | 0,85 - 1 |
| | | 26 | 3 | 1,04 | 0,03 | 0,02 | 0,95 - 1,12 | 1 - 1,06 |
| | | 30 | 3 | 0,87 | 0,05 | 0,03 | 0,75 - 0,98 | 0,82 - 0,91 |

Quadro 21 Cont.: Estatísticas mais relevantes para as taxas de respiração, consumo de O₂ e produção de CO₂, e quociente respiratório obtido ao longo do tempo de armazenamento a várias temperaturas, de morango cultivar Camarosa.

| T (°C) | Tempo (h) | n | Média | DP | Err. padrão | IC 95% | | |
|--------|------------------|----|-------|-------|-------------|--------------------------|-----------------|---------------|
| | | | | | | Limite inf - limite sup. | Mínimo - máximo | |
| 12 | RO ₂ | 0 | 3 | 33,69 | 3,17 | 1,83 | 25,82 - 41,57 | 30,4 - 36,73 |
| | | 3 | 3 | 33,90 | 3,75 | 2,16 | 24,59 - 43,22 | 31,5 - 38,23 |
| | | 6 | 3 | 33,37 | 2,94 | 1,70 | 26,08 - 40,67 | 31,43 - 36,75 |
| | | 23 | 3 | 20,22 | 0,79 | 0,46 | 18,25 - 22,19 | 19,4 - 20,99 |
| | | 26 | 3 | 21,39 | 0,43 | 0,25 | 20,33 - 22,45 | 21 - 21,84 |
| | | 29 | 3 | 21,08 | 0,19 | 0,11 | 20,62 - 21,54 | 20,95 - 21,3 |
| | | 46 | 2 | 23,21 | 5,39 | 3,81 | -25,2 - 71,63 | 19,4 - 27,02 |
| | | 49 | 3 | 37,43 | 0,75 | 0,43 | 35,58 - 39,28 | 36,75 - 38,23 |
| | | 52 | 3 | 29,85 | 5,91 | 3,41 | 15,17 - 44,52 | 26,25 - 36,66 |
| | | 70 | 3 | 30,82 | 3,51 | 2,03 | 22,09 - 39,54 | 27,02 - 33,95 |
| | | 73 | 3 | 30,31 | 3,22 | 1,86 | 22,3 - 38,31 | 26,66 - 32,76 |
| 12 | RCO ₂ | 0 | 3 | 40,44 | 1,59 | 0,92 | 36,49 - 44,38 | 38,8 - 41,97 |
| | | 3 | 3 | 44,57 | 6,35 | 3,67 | 28,8 - 60,34 | 37,32 - 49,15 |
| | | 6 | 3 | 43,69 | 6,08 | 3,51 | 28,58 - 58,79 | 36,66 - 47,26 |
| | | 23 | 3 | 24,63 | 3,20 | 1,85 | 16,67 - 32,59 | 20,99 - 27,02 |
| | | 26 | 3 | 23,72 | 3,71 | 2,14 | 14,5 - 32,94 | 21,33 - 28 |
| | | 29 | 3 | 21,08 | 6,97 | 4,02 | 3,76 - 38,39 | 14 - 27,93 |
| | | 46 | 2 | 26,45 | 0,82 | 0,58 | 19,12 - 33,77 | 25,87 - 27,02 |
| | | 49 | 3 | 33,83 | 2,55 | 1,47 | 27,5 - 40,17 | 31,99 - 36,75 |
| | | 52 | 3 | 33,37 | 2,86 | 1,65 | 26,26 - 40,48 | 31,5 - 36,66 |
| | | 70 | 3 | 31,45 | 2,34 | 1,35 | 25,65 - 37,26 | 29,1 - 33,78 |
| | | 73 | 3 | 30,31 | 3,22 | 1,86 | 22,3 - 38,31 | 26,66 - 32,76 |
| 12 | QR | 0 | 3 | 0,83 | 0,07 | 0,04 | 0,65 - 1,01 | 0,75 - 0,87 |
| | | 3 | 3 | 0,77 | 0,10 | 0,06 | 0,53 - 1 | 0,67 - 0,86 |
| | | 6 | 3 | 0,77 | 0,09 | 0,05 | 0,55 - 0,99 | 0,68 - 0,86 |
| | | 23 | 3 | 0,83 | 0,14 | 0,08 | 0,47 - 1,19 | 0,75 - 1 |
| | | 26 | 3 | 0,92 | 0,14 | 0,08 | 0,56 - 1,28 | 0,75 - 1 |
| | | 29 | 3 | 1,08 | 0,38 | 0,22 | 0,13 - 2,03 | 0,75 - 1,5 |
| | | 46 | 2 | 0,88 | 0,18 | 0,13 | -0,71 - 2,46 | 0,75 - 1 |
| | | 49 | 3 | 1,11 | 0,10 | 0,06 | 0,87 - 1,35 | 1 - 1,17 |
| | | 52 | 3 | 0,89 | 0,10 | 0,06 | 0,65 - 1,13 | 0,83 - 1 |
| | | 70 | 3 | 0,99 | 0,18 | 0,11 | 0,53 - 1,44 | 0,8 - 1,17 |
| | | 73 | 3 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 1 - 1 | 1 - 1 |
| 8 | RO ₂ | 0 | 3 | 23,99 | 0,85 | 0,49 | 21,89 - 26,1 | 23,48 - 24,97 |
| | | 3 | 3 | 20,03 | 0,77 | 0,45 | 18,11 - 21,95 | 19,32 - 20,85 |
| | | 20 | 3 | 22,84 | 4,75 | 2,74 | 11,04 - 34,63 | 17,4 - 26,14 |
| | | 23 | 3 | 18,87 | 1,28 | 0,74 | 15,7 - 22,04 | 17,43 - 19,86 |
| | | 26 | 3 | 18,61 | 2,13 | 1,23 | 13,32 - 23,9 | 16,65 - 20,87 |
| | | 42 | 3 | 16,96 | 1,30 | 0,75 | 13,74 - 20,18 | 15,89 - 18,4 |
| | | 45 | 3 | 21,27 | 2,08 | 1,20 | 16,11 - 26,44 | 19,42 - 23,53 |
| | | 48 | 3 | 24,69 | 2,21 | 1,27 | 19,21 - 30,16 | 22,41 - 26,81 |
| | | 69 | 3 | 19,64 | 4,79 | 2,77 | 7,73 - 31,55 | 15,68 - 24,97 |
| | | 72 | 3 | 20,28 | 4,71 | 2,72 | 8,58 - 31,99 | 14,94 - 23,83 |

Quadro 21 Cont.: Estatísticas mais relevantes para as taxas de respiração, consumo de O₂ e produção de CO₂, e quociente respiratório obtido ao longo do tempo de armazenamento a várias temperaturas, de morango cultivar Camarosa.

| T (°C) | Tempo (h) | n | Média | DP | Err. padrão | IC 95% | | |
|--------|-----------------------------|-----|-------|-------|-------------|---------------------------|-----------------|---------------|
| | | | | | | Limite inf. - limite sup. | Mínimo - máximo | |
| 8 | R _{CO₂} | 0 | 3 | 31,99 | 1,13 | 0,65 | 29,18 - 34,8 | 31,31 - 33,3 |
| | | 3 | 3 | 27,43 | 2,45 | 1,41 | 21,34 - 33,52 | 24,9 - 29,79 |
| | | 20 | 3 | 20,16 | 2,48 | 1,43 | 13,99 - 26,32 | 17,4 - 22,2 |
| | | 23 | 3 | 24,69 | 2,21 | 1,27 | 19,21 - 30,16 | 22,41 - 26,81 |
| | | 26 | 3 | 22,20 | 1,29 | 0,74 | 19 - 25,39 | 20,91 - 23,48 |
| | | 42 | 3 | 21,94 | 1,96 | 1,13 | 17,07 - 26,81 | 19,92 - 23,83 |
| | | 45 | 3 | 23,94 | 2,01 | 1,16 | 18,95 - 28,93 | 22,2 - 26,14 |
| | | 48 | 3 | 26,42 | 3,94 | 2,28 | 16,62 - 36,22 | 22,08 - 29,79 |
| | | 69 | 3 | 22,36 | 7,53 | 4,35 | 3,65 - 41,06 | 15,68 - 30,52 |
| | | 72 | 3 | 25,77 | 5,18 | 2,99 | 12,89 - 38,65 | 19,92 - 29,79 |
| 8 | Q _R | 3 | 3 | 1,37 | 0,10 | 0,06 | 1,11 - 1,63 | 1,25 - 1,43 |
| | | 20 | 3 | 0,90 | 0,10 | 0,06 | 0,65 - 1,15 | 0,8 - 1 |
| | | 23 | 3 | 1,31 | 0,04 | 0,02 | 1,21 - 1,4 | 1,29 - 1,35 |
| | | 26 | 3 | 1,20 | 0,12 | 0,07 | 0,91 - 1,49 | 1,13 - 1,33 |
| | | 42 | 3 | 1,30 | 0,17 | 0,10 | 0,87 - 1,73 | 1,2 - 1,5 |
| | | 45 | 3 | 1,13 | 0,02 | 0,01 | 1,09 - 1,17 | 1,11 - 1,14 |
| | | 48 | 3 | 1,07 | 0,17 | 0,10 | 0,65 - 1,5 | 0,89 - 1,22 |
| | | 69 | 3 | 1,12 | 0,11 | 0,07 | 0,84 - 1,4 | 1 - 1,22 |
| | | 72 | 3 | 1,28 | 0,05 | 0,03 | 1,16 - 1,4 | 1,25 - 1,33 |
| 4 | R _{O₂} | 0 | 3 | 11,46 | 1,11 | 0,64 | 8,71 - 14,22 | 10,35 - 12,57 |
| | | 22 | 3 | 14,24 | 0,88 | 0,51 | 12,05 - 16,43 | 13,5 - 15,21 |
| | | 26 | 3 | 8,91 | 2,11 | 1,22 | 3,66 - 14,15 | 6,47 - 10,19 |
| | | 74 | 3 | 13,27 | 2,85 | 1,64 | 6,2 - 20,34 | 11,41 - 16,55 |
| | | 78 | 3 | 10,35 | 1,60 | 0,92 | 6,38 - 14,32 | 8,92 - 12,08 |
| | | 89 | 3 | 13,39 | 3,37 | 1,95 | 5,02 - 21,76 | 10,18 - 16,9 |
| | | 93 | 3 | 12,34 | 2,05 | 1,18 | 7,25 - 17,42 | 10,06 - 14,02 |
| | | 105 | 3 | 17,57 | 0,99 | 0,57 | 15,12 - 20,02 | 16,48 - 18,41 |
| | | 109 | 3 | 12,54 | 1,03 | 0,59 | 9,99 - 15,1 | 11,46 - 13,5 |
| 4 | R _{CO₂} | 0 | 3 | 15,71 | 1,29 | 0,74 | 12,52 - 18,91 | 14,23 - 16,57 |
| | | 22 | 3 | 12,56 | 0,25 | 0,15 | 11,94 - 13,18 | 12,27 - 12,73 |
| | | 26 | 3 | 10,24 | 2,15 | 1,24 | 4,9 - 15,59 | 7,76 - 11,65 |
| | | 74 | 3 | 13,83 | 2,36 | 1,36 | 7,97 - 19,7 | 12,27 - 16,55 |
| | | 78 | 3 | 11,19 | 0,95 | 0,55 | 8,84 - 13,55 | 10,19 - 12,08 |
| | | 89 | 3 | 13,96 | 1,11 | 0,64 | 11,2 - 16,72 | 13,09 - 15,21 |
| | | 93 | 3 | 14,89 | 2,07 | 1,20 | 9,74 - 20,04 | 12,57 - 16,57 |
| | | 105 | 3 | 18,83 | 0,97 | 0,56 | 16,41 - 21,24 | 17,75 - 19,63 |
| | | 109 | 3 | 15,90 | 0,60 | 0,35 | 14,41 - 17,4 | 15,28 - 16,48 |
| 4 | Q _R | 0 | 3 | 1,37 | 0,07 | 0,04 | 1,19 - 1,55 | 1,3 - 1,44 |
| | | 22 | 3 | 0,88 | 0,04 | 0,03 | 0,78 - 0,99 | 0,83 - 0,91 |
| | | 26 | 3 | 1,16 | 0,04 | 0,02 | 1,06 - 1,25 | 1,13 - 1,2 |
| | | 74 | 3 | 1,05 | 0,06 | 0,03 | 0,91 - 1,19 | 1 - 1,11 |
| | | 78 | 3 | 1,09 | 0,08 | 0,04 | 0,9 - 1,28 | 1 - 1,14 |
| | | 89 | 3 | 1,08 | 0,23 | 0,13 | 0,51 - 1,64 | 0,9 - 1,33 |
| | | 93 | 3 | 1,21 | 0,04 | 0,02 | 1,12 - 1,3 | 1,18 - 1,25 |
| | | 105 | 3 | 1,07 | 0,01 | 0,00 | 1,06 - 1,08 | 1,07 - 1,08 |
| | | 109 | 3 | 1,27 | 0,08 | 0,05 | 1,07 - 1,47 | 1,18 - 1,33 |

Quadro 22: Resultado das ANOVAs (factor: tempo) para a variável taxa de respiração relativa a O₂ (RO₂, mL/kg/h), a diversas temperaturas de armazenamento, para morango da cultivar Camarosa.

ANOVA

| RO2 | | | | |
|-----|----------------|----|--------|------|
| T | | df | F | Sig. |
| 4 | Between Groups | 7 | 2,189 | ,092 |
| | Within Groups | 16 | | |
| | Total | 23 | | |
| 8 | Between Groups | 9 | 2,133 | ,076 |
| | Within Groups | 20 | | |
| | Total | 29 | | |
| 12 | Between Groups | 10 | 10,721 | ,000 |
| | Within Groups | 21 | | |
| | Total | 31 | | |
| 16 | Between Groups | 4 | 2,092 | ,157 |
| | Within Groups | 10 | | |
| | Total | 14 | | |
| 20 | Between Groups | 2 | 3,625 | ,093 |
| | Within Groups | 6 | | |
| | Total | 8 | | |

Quadro 23: Resultado da análise de comparação múltipla à posteriori, com o teste de LSD, para a variável taxa de respiração relativa a O₂ (RO₂, mL/kg/h), para morango da cultivar Camarosa.

T=12

| tempo | N | Subset for alpha = .05 | | | | |
|--------------------------|----|------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Tukey HSD ^{a,b} | 23 | 3 | 20,2188 | | | |
| | 29 | 3 | 21,0831 | 21,0831 | | |
| | 26 | 3 | 21,3896 | 21,3896 | 21,3896 | |
| | 46 | 2 | 23,2125 | 23,2125 | 23,2125 | |
| | 52 | 3 | | 29,8458 | 29,8458 | 29,8458 |
| | 73 | 3 | | 30,3071 | 30,3071 | 30,3071 |
| | 70 | 3 | | | 30,8192 | 30,8192 |
| | 6 | 3 | | | | 33,3749 |
| | 0 | 3 | | | | 33,6941 |
| | 3 | 3 | | | | 33,9046 |
| | 49 | 3 | | | | 37,4318 |
| Sig. | | | ,984 | ,064 | ,055 | ,203 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 2,870.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

Quadro 24: Estatísticas mais relevantes para as taxas de respiração, consumo de O₂ e produção de CO₂, e quociente respiratório obtido ao longo do tempo de armazenamento a 12°C, de morango cultivar Ventana.

| | | IC 95% | | | | | |
|------------------|-----------|--------|-------|------|-------------|---------------------------|-----------------|
| | tempo (h) | n | Média | DP | Err. Padrão | limite inf. - limite sup. | Mínimo - máximo |
| RO ₂ | 0 | 4 | 21,18 | 1,16 | 0,58 | 19,34 - 23,03 | 20,14 - 22,59 |
| | 24 | 4 | 24,59 | 2,99 | 1,50 | 19,83 - 29,35 | 21,59 - 28,49 |
| | 72 | 4 | 25,59 | 3,09 | 1,55 | 20,67 - 30,51 | 22,17 - 28,89 |
| RCO ₂ | 0 | 4 | 24,45 | 3,29 | 1,64 | 19,22 - 29,68 | 21,19 - 27,59 |
| | 24 | 4 | 27,05 | 6,58 | 3,29 | 16,57 - 37,52 | 19,2 - 34,13 |
| | 72 | 4 | 26,53 | 4,40 | 2,20 | 19,53 - 33,52 | 22,81 - 32,77 |
| QR | 0 | 4 | 1,17 | 0,21 | 0,11 | 0,82 - 1,51 | 0,98 - 1,36 |
| | 24 | 4 | 1,09 | 0,15 | 0,07 | 0,85 - 1,33 | 0,89 - 1,21 |
| | 72 | 4 | 1,05 | 0,24 | 0,12 | 0,67 - 1,43 | 0,83 - 1,37 |

Quadro 25: Resultado das ANOVAs (factor: tempo) para a variável taxa de respiração relativa a O₂ (RO₂, mL/kg/h), CO₂ (RCO₂, mL/kg/h) e QR, armazenamento a 12°C, para morango da cultivar Ventana.

| | | ANOVA | | |
|------|----------------|-------|-------|------|
| | | df | F | Sig. |
| RO2 | Between Groups | 2 | 3,222 | ,088 |
| | Within Groups | 9 | | |
| | Total | 11 | | |
| RCO2 | Between Groups | 2 | ,307 | ,743 |
| | Within Groups | 9 | | |
| | Total | 11 | | |
| QR | Between Groups | 2 | ,326 | ,730 |
| | Within Groups | 9 | | |
| | Total | 11 | | |

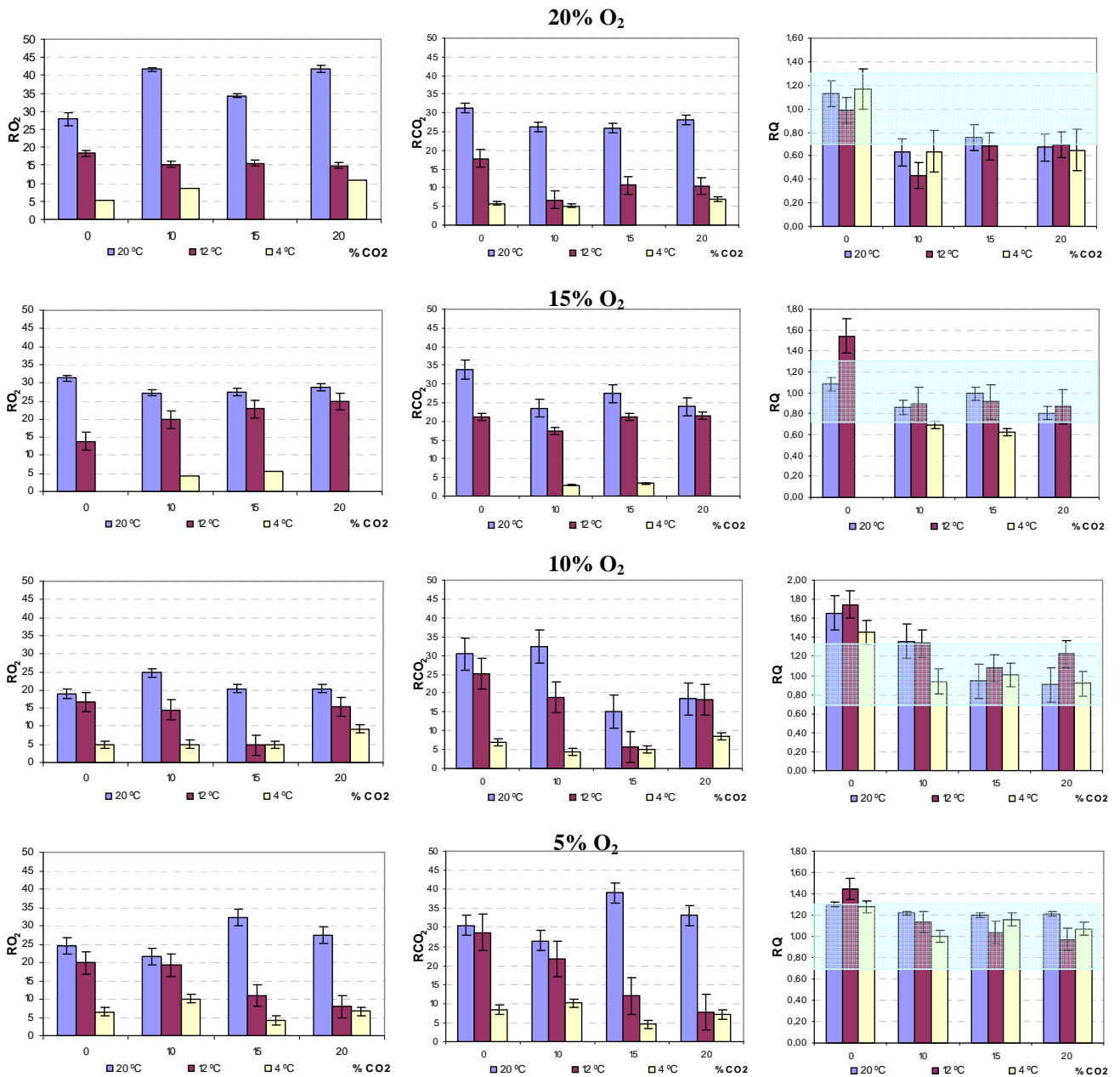


Figura 1: Comparação das taxas de respiração relativa a O₂ (RO₂, mL/kg/h), CO₂ (RCO₂, mL/kg/h) e QR obtidas para diferentes composições gasosas e temperaturas (média e desvio padrão) para morango da cultivar Camarosa. A janela de QR que indica respiração aeróbia está assinalada a sombreado sobre os diagramas de QR.

Quadro 26: Resultado da ANOVA (factor: combinação gasosa, temperatura e interação combinação-temperatura) para a variável taxa de respiração relativa a O₂ (RO₂, mL/kg/h), estimada a diversas temperaturas e combinações gasosas, para morango da cultivar Camarosa.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: tx de resp_ O2

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|--------------------------|----|---------|------|-----------------------------|
| combinação | 15 | 3,383 | ,000 | ,998 |
| Temperatura | 2 | 156,856 | ,000 | 1,000 |
| combinação * Temperatura | 27 | 3,072 | ,000 | 1,000 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 27: Resultado da análise de comparação múltipla à posteriori, para a combinação gasosa utilizada, com o teste de Scheffé, para a variável taxa de respiração relativa a O₂ (RO₂, mL/kg/h), para morango da cultivar Camarosa.

tx de resp_ O2

| Scheffe ^{a,b,c} | combinação de gases (O2 e CO2) | N | Subset | |
|--------------------------|--------------------------------|----|---------|---------|
| | | | 1 | 2 |
| | 10;15 | 8 | 12,6059 | |
| | 10;0 | 10 | 12,8731 | |
| | 10;20 | 6 | 14,1833 | 14,1833 |
| | 5;15 | 9 | 15,1499 | 15,1499 |
| | 10;10 | 10 | 15,7027 | 15,7027 |
| | 20;0 | 9 | 16,0381 | 16,0381 |
| | 5;20 | 4 | 17,3484 | 17,3484 |
| | 15;15 | 12 | 18,1366 | 18,1366 |
| | 15;10 | 15 | 18,7276 | 18,7276 |
| | 5;0 | 8 | 18,9279 | 18,9279 |
| | 5;10 | 6 | 19,3559 | 19,3559 |
| | 20;10 | 10 | 23,9992 | 23,9992 |
| | 20;15 | 6 | 24,9325 | 24,9325 |
| | 15;0 | 6 | 25,4196 | 25,4196 |
| | 20;20 | 7 | | 25,8303 |
| | 15;20 | 7 | | 26,5402 |
| | Sig. | | ,057 | ,084 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 23,649.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7,531.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Quadro 28: Resultado da análise de comparação múltipla à posteriori, para a temperatura utilizada, com o teste de HSD Tukey, para a variável taxa de respiração relativa a O₂ (RO₂, mL/kg/h), para morango da cultivar Camarosa.

tx de resp_O2

| | Temperatura (°C) | N | Subset | | |
|----------------------------|------------------|----|--------|---------|---------|
| | | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey HSD ^{a,b,c} | 4 | 33 | 6,0000 | | |
| | 12 | 48 | | 17,3309 | |
| | 20 | 52 | | | 28,2061 |
| | Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 23,649.

- a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 42,634.
- b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.
- c. Alpha = ,05.

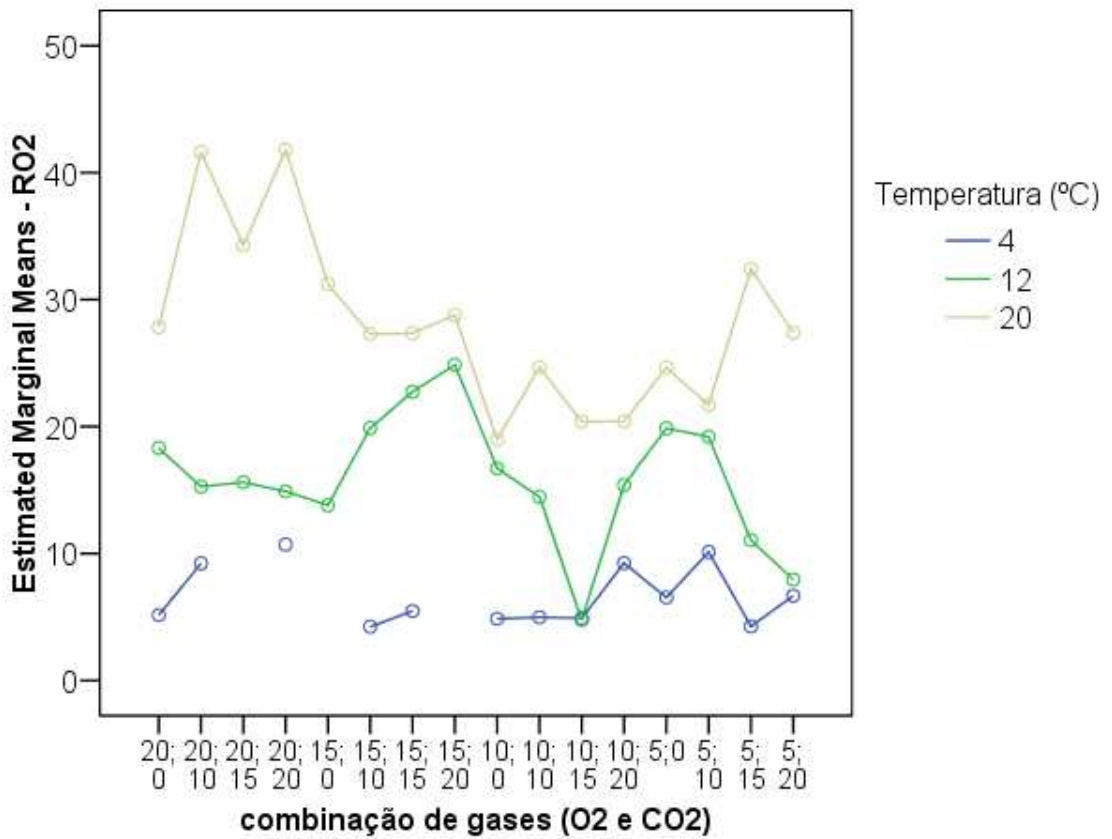


Figura 2: Interação observada entre combinação gasosa e temperatura para a taxa de respiração medida relativa ao consumo de O₂ (RO₂).

Quadro 29: Resultado da ANOVA (factor: combinação gasosa, temperatura e interação combinação-temperatura) para a variável taxa de respiração relativa a CO₂ (RCO₂, mL/kg/h), estimada a diversas temperaturas e combinações gasosas, para morango da cultivar Camarosa.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: tx de resp_CO2

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|--------------------------|----|---------|------|-----------------------------|
| combinação | 15 | 4,108 | ,000 | 1,000 |
| Temperatura | 2 | 159,138 | ,000 | 1,000 |
| combinação * Temperatura | 27 | 2,682 | ,000 | ,999 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 30: Resultado da análise de comparação múltipla à posteriori, para a combinação gasosa utilizada, com o teste de Scheffé, para a variável taxa de respiração relativa a CO₂ (RCO₂, mL/kg/h), para morango da cultivar Camarosa.

tx de resp_CO2

| | combinação de gases (O2 e CO2) | N | Subset | | |
|--------------------------|--------------------------------|----|---------|---------|---------|
| | | | 1 | 2 | 3 |
| Scheffe ^{a,b,c} | 10;15 | 8 | 10,1850 | | |
| | 20;10 | 10 | 13,9722 | 13,9722 | |
| | 10;20 | 6 | 14,9962 | 14,9962 | |
| | 15;10 | 15 | 16,2071 | 16,2071 | |
| | 20;0 | 9 | 16,7982 | 16,7982 | 16,7982 |
| | 15;15 | 12 | 16,8599 | 16,8599 | 16,8599 |
| | 20;20 | 7 | 17,5503 | 17,5503 | 17,5503 |
| | 5;15 | 9 | 17,7052 | 17,7052 | 17,7052 |
| | 20;15 | 6 | 18,2847 | 18,2847 | 18,2847 |
| | 10;10 | 10 | 19,9161 | 19,9161 | 19,9161 |
| | 10;0 | 10 | 19,9263 | 19,9263 | 19,9263 |
| | 5;20 | 4 | 20,3049 | 20,3049 | 20,3049 |
| | 15;20 | 7 | 22,5048 | 22,5048 | 22,5048 |
| | 5;10 | 6 | 22,9454 | 22,9454 | 22,9454 |
| | 5;0 | 8 | | 24,4985 | 24,4985 |
| | 15;0 | 6 | | | 29,6720 |
| | Sig. | | ,066 | ,323 | ,060 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 24,111.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 7,531.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Quadro 31: Resultado da análise de comparação múltipla à posteriori, para a temperatura utilizada, com o teste de HSD Tukey, para a variável taxa de respiração relativa a CO₂ (RCO₂, mL/kg/h), para morango da cultivar Camarosa.

tx de resp_CO2

| Temperatura (°C) | N | Subset | | |
|------------------------------|----|--------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| Tukey HSD ^{a,b,c} 4 | 33 | 5,4626 | | |
| 12 | 48 | | 16,9492 | |
| 20 | 52 | | | 27,9757 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 24,111.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 42,634.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

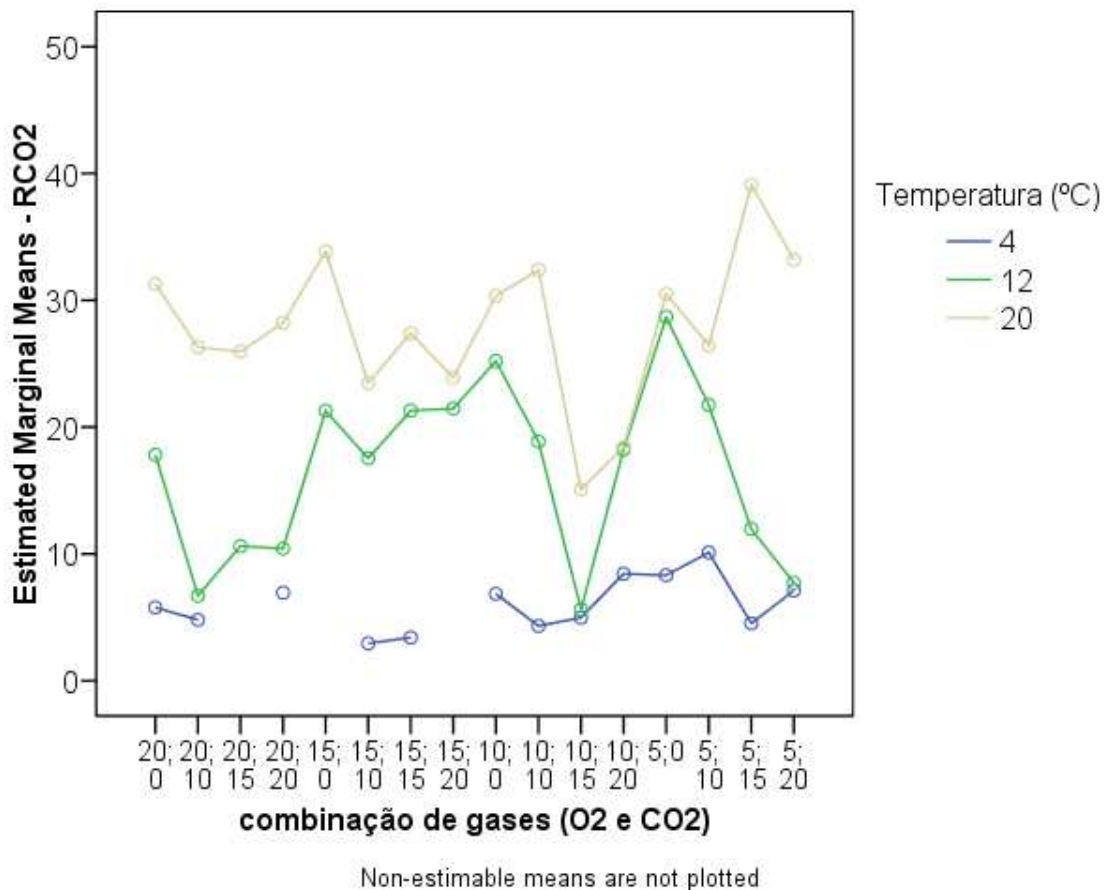


Figura 3: Interação observada entre combinação gasosa e temperatura para a taxa de respiração medida relativa ao consumo de CO₂ (RCO₂).

Quadro 32: Resultado da ANOVA (factor: combinação gasosa, temperatura e interacção combinação-temperatura) para a variável QR, estimado a diversas temperaturas e combinações gasosas, para morango da cultivar Camarosa.

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: quociente respiratório

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|--------------------------|----|-------|------|-----------------------------|
| combinação | 15 | 9,794 | ,000 | 1,000 |
| Temperatura | 2 | 1,883 | ,158 | ,382 |
| combinação * Temperatura | 27 | ,671 | ,880 | ,531 |

a. Computed using alpha = ,05

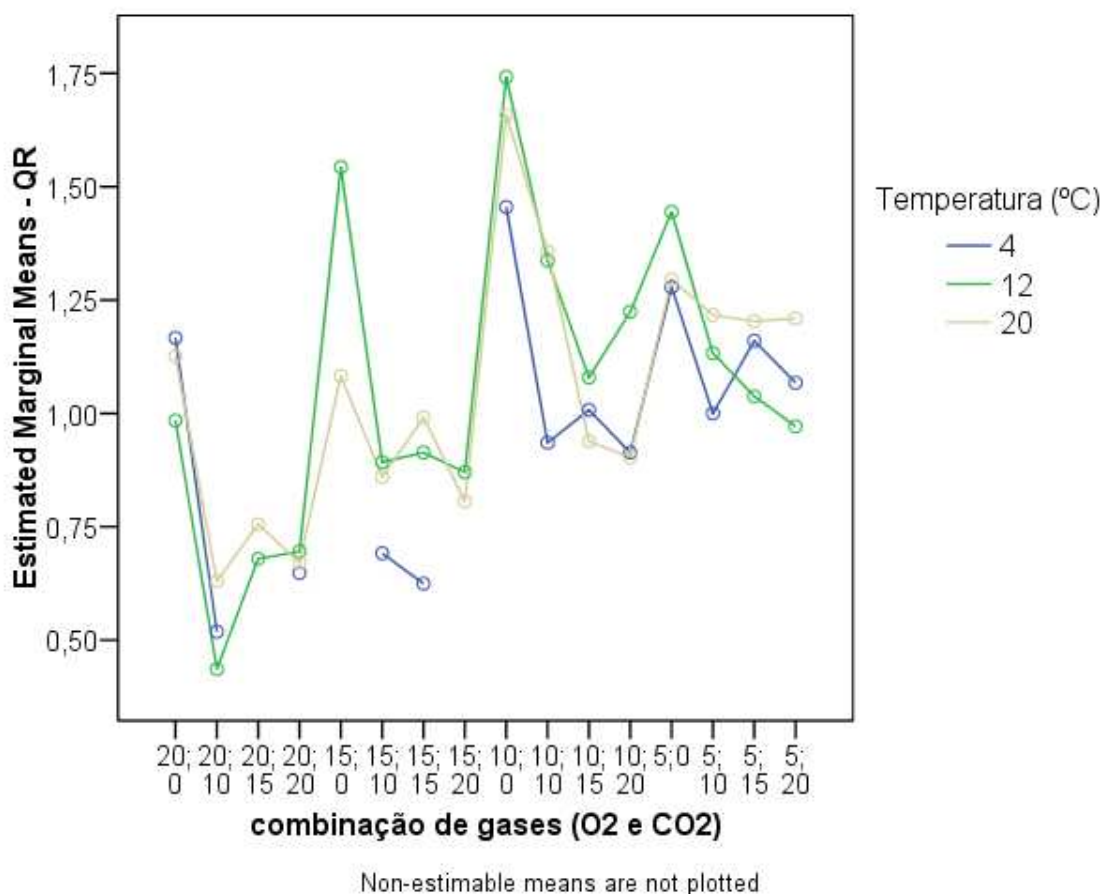


Figura 4: Ausência de interacção observada entre combinação gasosa e temperatura para o QR medido.

Quadro 33: Resultado da ANOVA a dois factores (tempo e embalagem) para a variável composição gasosa – O₂ (%).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: O2 (%)

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|----------------|----|---------|------|-----------------------------|
| tipo_embalagem | 1 | 100,953 | ,000 | 1,000 |
| temp | 12 | 12,681 | ,000 | 1,000 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 34: Resultado da comparação por intervalo de confiança para a composição gasosa – O₂ (%) dos diferentes filmes da embalagem.

Estimates

Dependent Variable: O2 (%)

| tipo_embalagem | Mean | Std. Error | 95% Confidence Interval | |
|----------------|--------|------------|-------------------------|-------------|
| | | | Lower Bound | Upper Bound |
| P1 | 18,897 | ,060 | 18,775 | 19,018 |
| P2 | 19,737 | ,060 | 19,615 | 19,858 |

Quadro 35: Resultado do teste de comparação à posteriori, para o factor tempo (h).
Variável: composição gasosa – O₂ (%).

O₂ (%)

Tukey HSD^{a,b,c}

| Tempo (h) | N | Subset | | | | |
|-----------|----|---------|---------|---------|---------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 18,00 | 4 | 18,6500 | | | | |
| 42,00 | 4 | 18,7250 | 18,7250 | | | |
| 26,00 | 4 | 18,9000 | 18,9000 | 18,9000 | | |
| 138,00 | 4 | 19,0000 | 19,0000 | 19,0000 | | |
| 186,00 | 4 | 19,1000 | 19,1000 | 19,1000 | 19,1000 | |
| 210,00 | 12 | 19,1917 | 19,1917 | 19,1917 | 19,1917 | |
| 162,00 | 4 | 19,2250 | 19,2250 | 19,2250 | 19,2250 | |
| 114,00 | 4 | 19,2750 | 19,2750 | 19,2750 | 19,2750 | |
| 50,00 | 4 | 19,3250 | 19,3250 | 19,3250 | 19,3250 | |
| 64,00 | 4 | | 19,4750 | 19,4750 | 19,4750 | |
| 4,00 | 4 | | | 19,5500 | 19,5500 | |
| 122,00 | 4 | | | | 19,8000 | |
| ,00 | 4 | | | | | 20,9000 |
| Sig. | | ,150 | ,069 | ,189 | ,117 | 1,000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,105.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,216.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used.
Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Quadro 36: Resultado da ANOVA a dois factores (tempo e embalagem) para a variável composição gasosa – CO₂ (%).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: CO2 (%)

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|----------------|----|---------|------|-----------------------------|
| tipo_embalagem | 1 | 119,541 | ,000 | 1,000 |
| temp | 12 | 15,129 | ,000 | 1,000 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 37: Resultado da comparação por intervalo de confiança para a composição gasosa – CO₂ (%) dos diferentes filmes da embalagem.

Estimates

Dependent Variable: CO2 (%)

| tipo_embalagem | Mean | Std. Error | 95% Confidence Interval | |
|----------------|-------|------------|-------------------------|-------------|
| | | | Lower Bound | Upper Bound |
| P1 | 2,116 | ,057 | 2,002 | 2,230 |
| P2 | 1,259 | ,057 | 1,145 | 1,374 |

Quadro 38: Resultado do teste de comparação à posteriori, para o factor tempo (h).
Variável: composição gasosa – CO₂ (%).

CO2 (%)

Tukey HSD^{a,b,c}

| Tempo (h) | N | Subset | | | |
|-----------|----|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| ,00 | 4 | ,1000 | | | |
| 4,00 | 4 | | 1,0500 | | |
| 122,00 | 4 | | 1,3000 | 1,3000 | |
| 210,00 | 12 | | 1,6917 | 1,6917 | 1,6917 |
| 50,00 | 4 | | 1,7250 | 1,7250 | 1,7250 |
| 64,00 | 4 | | 1,7500 | 1,7500 | 1,7500 |
| 114,00 | 4 | | | 1,8000 | 1,8000 |
| 162,00 | 4 | | | 1,9250 | 1,9250 |
| 138,00 | 4 | | | 1,9750 | 1,9750 |
| 186,00 | 4 | | | | 2,0500 |
| 26,00 | 4 | | | | 2,0750 |
| 18,00 | 4 | | | | 2,1250 |
| 42,00 | 4 | | | | 2,3750 |
| Sig. | | 1,000 | ,071 | ,095 | ,086 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = ,092.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 4,216.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Quadro 39: Resultado da ANOVA a dois factores (tempo e embalagem) para a variável perda de peso (%).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: perda de peso (%)

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|--------|----|--------|------|-----------------------------|
| tipo1 | 2 | 67,000 | ,000 | 1,000 |
| t | 8 | 11,706 | ,000 | 1,000 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 40: Resultado do teste de comparação à posteriori, Tukey HSD, para o factor tipo de embalagem. Variável: perda de peso (%).

perda de peso (%)

| | tipo1 | N | Subset | |
|----------------------------|----------|----|--------|--------|
| | | | 1 | 2 |
| Tukey HSD ^{a,b,c} | P1 | 54 | ,1724 | |
| | P2 | 54 | ,3037 | |
| | Controlo | 50 | | 4,5116 |
| | Sig. | | ,951 | 1,000 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 5,008.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 52,597.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Quadro 41: Resultado do teste de comparação à posteriori, Scheffé, para o factor tempo (h). Variável: perda de peso (%).

perda de peso (%)

| | Tempo (h) | N | Subset | |
|--------------------------|-----------|----|--------|--------|
| | | | 1 | 2 |
| Scheffe ^{a,b,c} | 4,00 | 60 | ,0000 | |
| | 18,00 | 12 | ,2008 | |
| | 42,00 | 12 | 1,1617 | 1,1617 |
| | 64,00 | 12 | 1,6842 | 1,6842 |
| | 114,00 | 12 | 2,7142 | 2,7142 |
| | 186,00 | 10 | 2,9610 | 2,9610 |
| | 162,00 | 11 | 3,2864 | 3,2864 |
| | 138,00 | 12 | 3,3358 | 3,3358 |
| | 210,00 | 17 | | 4,4924 |
| | Sig. | | ,076 | ,077 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares

The error term is Mean Square(Error) = 5,008.

a. Uses Harmonic Mean Sample Size = 13,176.

b. The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

c. Alpha = ,05.

Quadro 42: Resultado da ANOVA a dois factores (tempo e embalagem) para a variável Força Máxima (N).

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Força máxima (N)

| Source | df | F | Sig. | Observed Power ^a |
|--------|----|-------|------|-----------------------------|
| tipo | 2 | ,215 | ,807 | ,082 |
| tempo | 6 | 2,311 | ,042 | ,769 |

a. Computed using alpha = ,05

Quadro 43: Resultado do teste de comparação à posteriori, LSD, para o factor tempo (h). Variável: Força Máxima (N).

Força máxima (N)

LSD

| Tempo (h) | N | Subset |
|-----------|----|-------------|
| | 1 | 1 |
| 18 | 12 | 388,4250 ab |
| 46 | 12 | 363,8417 b |
| 118 | 12 | 416,9583 a |
| 142 | 12 | 423,9417 a |
| 168 | 12 | 370,0167 b |
| 192 | 12 | 360,2333 b |
| 210 | 12 | 363,7917 b |
| Sig. | | ,152 |

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
The mean difference is significant at the 0,05 level