

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**PROCESSAMENTO MÍNIMO DE CENOURA E
FEIJÃO-VAGEM**

Wigberto Antonio Spagnol

**CAMPINAS – SP
MARÇO / 2005**

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**PROCESSAMENTO MÍNIMO DE CENOURA E
FEIJÃO-VAGEM**

Tese de Doutorado submetida à banca
examinadora para obtenção do título de Doutor
em Engenharia Agrícola, na área de Tecnologia
Pós-Colheita.

Wigberto Antonio Spagnol

Orientador: Prof. Dr. Kil Jin Park

Co-orientador: Dr. José Maria Monteiro Sigrist

**CAMPINAS – SP
MARÇO / 2005**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Sp13p	<p>Spagnol, Wigberto Antonio Processamento mínimo de cenoura e feijão-vagem / Wigberto Antonio Spagnol.--Campinas, SP: [s.n.], 2005.</p> <p>Orientadores: Kil Jin Park, José Maria Monteiro Sigrist Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.</p> <p>1. Cenoura. 2. Vagem. 3. Fisiologia pós-colheita. 4. Produtos agrícolas – Processamento. Crescimento microbiano. I. Park, Kil Jin. II. Sigrist, José Maria Monteiro. III. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Agrícola. IV. Título.</p>
-------	---

Titulo em Inglês: Minimally processed carrots and snap beans

Palavras-chave em Inglês: Carrots, Snap beans, Postharvest physiology, Crops
processing e Microorganism growth

Área de concentração: Tecnologia Pós-Colheita

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Benedito Carlos Benedetti, Sylvio Luis Honório, José Fernando
Durigan e Lenice Magali do Nascimento

Data da defesa: 18/03/2005

DEDICO

À DEUS SU,

A minha mais profunda gratidão pela vida, pelas imensas proteções e orientações concedidas durante todo o desenvolvimento deste trabalho.

À minha esposa Rosely, pela confiança e amor durante esta etapa de minha vida, e a minha filha Gabriela, pelo seu amor e alegria.

À meus pais, pela vida e por acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

Em cada aspecto de nossas vidas dependemos de alguma maneira dos outros. Gostaria de manifestar meu sincero agradecimento a todos os Professores da UNICAMP e aos Pesquisadores Científicos do ITAL, que me ensinaram e orientaram desde a graduação. Em especial na concretização deste curso de doutorado:

Ao meu orientador, Professor Dr. Kil Jin Park, pela amizade, orientação e confiança para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu co-orientador, Pesquisador Científico Dr. José Maria Monteiro Sigrist, pela amizade e conhecimento na realização dos experimentos.

Aos Professores Dr. Roy Edward Bruns, Dra. Maria Isabel Rodrigues, Dr. Luis Perez Brossard pelo conhecimento e inestimável ajuda na realização do planejamento estatístico.

À Pesquisadora Científica Dra. Neliane Ferraz A. Silveira pela orientação e apoio na elaboração e desenvolvimento das análises microbiológicas.

À Pesquisadora Científica Clair Isabel G. L. Sarantópoulos, pela colaboração e orientação para os estudos de embalagem.

À Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas pela oportunidade de realização do Doutorado.

Ao apoio recebido do ITAL/Fruthotec para a realização dos experimentos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão da bolsa e ajuda financeira durante todo o desenvolvimento da tese.

Aos amigos Pedro Reis Brod e Juliana Tófanio de Campos Leite e Rafael Augusto, pelo apoio e auxílios que sempre dispensaram a mim.

A Débora, técnica do Laboratório de Tecnologia Pós-Colheita do ITAL, pela amizade e ajuda inestimável no desenvolvimento das análises experimentais.

Aos meus amigos, Stefan Adriaan Coppelmans, Victor Ricardo de Souza Munhoz, Cibele Soares Binotti, Laurent J. Berth, Fagoni Fayer Calegário, Taís Saran Marini, Mirelle Mara de Oliveira, Kátia Gonçalves Carneiro, Thyago Moreira, Elaine Maria Botion, Carlos Augusto dos Santos, pelo apoio, amizade e pela imensa colaboração para a montagem dos experimentos.

Aos funcionários do Ital e da Unicamp que sempre me trataram com muito carinho e atenção.

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVO GERAL	4
1.1.1 Objetivos Específicos	4
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 MATÉRIA-PRIMA	6
2.1.1 Cenoura	6
2.1.2 Feijão-Vagem	7
2.2 FATORES PÓS-COLHEITA	9
2.2.1 Temperatura	11
2.2.2 Transformações Bioquímicas	12
2.2.3 Atmosfera Modificada	16
2.3 DELINEAMENTO DA MISTURA DE GASES	23
2.3.1 Análise Estatística do Modelo	23
2.3.2 Análise de Resíduos	24
2.4 PROCESSAMENTO MÍNIMO	24
2.4.1 Sanitização	24
2.4.2 Operações Unitárias	25
2.4.2.1 Recepção	25
2.4.2.2 Seleção	26
2.4.2.3 Lavagem Inicial e Descascamento	26
2.4.2.4 Corte	27
2.4.2.5 Enxágüe	28
2.4.2.6 Lavagem e Sanitização	28
2.4.2.7 Centrifugação	30
2.4.2.8 Embalagem	30
2.4.2.9 Armazenamento e Distribuição	34
2.5 Coloração	34
2.6 Métodos de Medição da Taxa Respiratória	35
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
3.1 RESPIRAÇÃO EM FEIJÃO-VAGEM E CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADOS E INTEIROS	39
3.1.1 Introdução	39
3.1.2 Material e Métodos	41
3.1.2.1 Feijão – Vagem	41
3.1.2.2 Cenouras	41
3.1.2.3 Etapas do Processamento Mínimo	42
3.1.2.4 Taxa de Respiração	45

3.1.2.5	Planejamento Experimental	47
3.1.3	Resultados e Discussão	47
3.1.3.1	Feijão-Vagem	47
3.1.3.2	Cenoura.....	56
3.1.4	Conclusões	61
3.2	EFEITO DE BAIXAS TEMPERATURAS SOBRE O METABOLISMO DE FEIJÃO-VAGEM MINIMAMENTE PROCESSADO	62
3.2.1	Introdução.....	62
3.2.2	Material e Métodos.....	64
3.2.2.1	Feijão – Vagem.....	64
3.2.2.2	Etapas do Processamento Mínimo	65
3.2.2.3	Armazenamento	65
3.2.2.4	Taxa de Respiração.....	65
3.2.2.5	Planejamento Experimental	66
3.2.3	Resultados e Discussão	66
3.2.4	Conclusões	71
3.3	INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA ATMOSFERA MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO DE CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA	72
3.3.1	Introdução.....	72
3.3.2	Material e Métodos.....	74
3.3.2.1	Cenouras	74
3.3.2.2	Etapas do Processamento Mínimo	74
3.3.2.3	Composição da Atmosfera Modificada	75
3.3.2.4	AA	76
3.3.2.5	SST	76
3.3.2.6	pH	76
3.3.2.7	Acidez Titulável	77
3.3.2.8	Esbranquiçamento.....	77
3.3.2.9	Avaliação Microbiológica	77
3.3.2.10	Planejamento Experimental	78
3.3.3	Resultados e Discussão	78
3.3.3.1	Gases.....	78
3.3.3.2	AA, pH, SST, Acidez Titulável	81
3.3.3.3	Coloração.....	84
3.3.3.4	Avaliação Microbiológica	86
3.3.4	Conclusões	91
3.4	ANÁLISE DO EFEITO DE MISTURAS DE GASES COM ALTOS TEORES DE O ₂ E CO ₂ NA FISIOLÓGIA E NA INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO DE MICRORGANISMOS DE DETERIORAÇÃO.....	92
3.4.1	Introdução.....	92
3.4.2	Material e Métodos.....	94
3.4.2.1	Feijão – Vagem.....	94
3.4.2.2	Cenoura.....	94
3.4.2.3	Etapas do Processamento Mínimo	94

3.4.2.4	Armazenamento	94
3.4.2.5	Fluxo de gases	95
3.4.2.6	AA, SST, pH e Acidez titulável.....	95
3.4.2.7	Coloração.....	95
3.4.2.8	Avaliação Microbiologica	96
3.4.2.9	Planejamento Experimental	96
3.4.3	Resultados e Discussão	101
3.4.3.1	Feijão-Vagem	102
3.4.3.2	Cenouras	119
3.4.3.3	Microrganismos de Deterioração de Feijão-Vagem e Cenoura	128
3.4.4	Conclusões	141
3.5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	143
3.5.1	Sugestão de fluxograma para processamento mínimo de cenouras:	143
3.5.2	Sugestão de fluxograma para processamento mínimo de vagens:	144
4.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	145
5.	ANEXOS.....	159

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1- HIPÓTESE DA INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO MICROBIOLÓGICO SOB ALTA CONCENTRAÇÃO DE O ₂ EM ATMOSFERA MODIFICADA (DAY, 2001).	20
FIGURA 2-CURVAS DE RESPIRAÇÃO DE VAGENS INTEIRAS E PROCESSADAS MINIMAMENTE, COLHIDAS NO VERÃO/DEZEMBRO E ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C (90%UR).....	48
FIGURA 3- CURVAS DE RESPIRAÇÃO DE VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE, COLHIDAS NO VERÃO/DEZEMBRO E INVERNO/AGOSTO, ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C (90%UR).....	50
FIGURA 4- APARÊNCIA DAS VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE, COLHIDAS NO INVERNO/AGOSTO MANTIDA A TEMPERATURA DE 1°C, 5°C E 11°C POR 12 DIAS.	53
FIGURA 5- CURVA DE LINEARIZAÇÃO DA EQUAÇÃO DE ARRHENIUS PARA VAGENS COLHIDAS NO VERÃO/DEZEMBRO INTEIRAS E ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C (90%UR).....	54
FIGURA 6- CURVA DE LINEARIZAÇÃO DA EQUAÇÃO DE ARRHENIUS PARA VAGENS COLHIDAS NO VERÃO/DEZEMBRO PROCESSADAS MINIMAMENTE E ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C (90%UR).	55
FIGURA 7- CURVA DE LINEARIZAÇÃO DA EQUAÇÃO DE ARRHENIUS PARA VAGENS COLHIDAS NO INVERNO/AGOSTO PROCESSADAS MINIMAMENTE E ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C (90%UR).	55
FIGURA 8- CURVAS DE RESPIRAÇÃO DE CENOURAS INTEIRAS E PROCESSADAS MINIMAMENTE, ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C (90%UR).....	56
FIGURA 9- CURVA DE LINEARIZAÇÃO DA EQUAÇÃO DE ARRHENIUS PARA CENOURAS INTEIRAS E ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C (90%UR).....	60
FIGURA 10- CURVA DE LINEARIZAÇÃO DA EQUAÇÃO DE ARRHENIUS PARA CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE E ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C (90%UR).....	60
FIGURA 11- TAXA DE RESPIRAÇÃO DE VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE, ARMAZENADAS A 1°C E A 25°C E DEPOIS DE TRANSFERIDAS PARA 25°C.	66
FIGURA 12- TAXA DE RESPIRAÇÃO DE VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE, ARMAZENADAS A 5°C E A 25°C E DEPOIS DE TRANSFERIDAS PARA 25°C.	67
FIGURA 13- TAXA DE RESPIRAÇÃO DE VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE, ARMAZENADAS A 11°C E A 25°C E DEPOIS DE TRANSFERIDAS PARA 25°C.	67
FIGURA 14- APARÊNCIA DE VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE MANTIDAS A 25°C, APÓS 4 DIAS DE ARMAZENAMENTO.	69
FIGURA 15- APARÊNCIA DE VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE MANTIDAS A 1°C, 5°C E 11°C DURANTE 8 DIAS, E DEPOIS DE TRANSFERIDAS E MANTIDAS A 25°C POR 3 DIAS.	70
FIGURA 16- TEOR DE OXIGÊNIO NO INTERIOR DE DIFERENTES EMBALAGENS E TEMPERATURAS: CLYSAR AFG A 1°C; PEBD 25MM A 1°C; CLYSAR AFG A 5°C; PEBD 25MM A 5°C; CLYSAR AFG A 11°C; PEBD 25MM A 11°C, CONTENDO CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE.....	79

FIGURA 17- TEOR DE GÁS CARBÔNICO NO INTERIOR DE DIFERENTES EMBALAGENS E TEMPERATURAS: CLYSAR AFG A 1°C; PEBD 25MM A 1°C; CLYSAR AFG A 5°C; PEBD 25MM A 5°C; CLYSAR AFG A 11°C; PEBD 25MM A 11°C, CONTENDO CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE.	80
FIGURA 18- ÍNDICE DE ESBRANQUIÇAMENTO (WI) EM CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE E MANTIDAS SOB DIFERENTES EMBALAGENS E TEMPERATURAS: CLYSAR AFG A 1°C; PEBD 25MM A 1°C; CLYSAR AFG A 5°C; PEBD 25MM A 5°C; CLYSAR AFG A 11°C E PEBD 25MM A 11°C.	85
FIGURA 19- CURVA DO CRESCIMENTO DE BOLORES E LEVEDURAS EM CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE, EMBALADAS COM OS FILMES CLYSAR AFG E PEBD 25MM E CONSERVADAS A 1°C, 5°C E 11°C.	87
FIGURA 20- CRESCIMENTO DE COLIFORMES TOTAIS EM CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE, EMBALADAS COM OS FILMES CLYSAR AFG E PEBD 25MM E CONSERVADAS A 1°C, 5°C E 11°C.	89
FIGURA 21- ANÁLISE DE VALORES RESIDUAIS VERSUS VALORES PREDITOS PELO MODELO QUADRÁTICO, AJUSTADO À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE O VALOR MÉDIO OBTIDO NO DIA 10 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL, DO PARÂMETRO H EM VAGENS PM, ARMAZENADAS A 5°C (90%UR) E SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES.	114
FIGURA 22- ANÁLISE DE VALORES RESIDUAIS VERSUS VALORES PREDITOS PELO MODELO CÚBICO ESPECIAL, AJUSTADO À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE O VALOR MÉDIO OBTIDO NO DIA 14 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL, DO PARÂMETRO H EM VAGENS PM, ARMAZENADAS A 5°C (90%UR) E SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES.	114
FIGURA 23- CURVAS DE NÍVEL PARA HUE, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA ENTRE OS VALORES MEDIDOS NOS DIAS 10 PARA COM OS VALORES INICIAIS MEDIDOS NA FACE DE CORTE DAS VAGENS MP, ARMAZENADAS A 5°C (90%UR) E SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES.	115
FIGURA 24- CURVAS DE NÍVEL PARA HUE, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA ENTRE OS VALORES MEDIDOS NOS DIAS 14 PARA COM OS VALORES INICIAIS MEDIDOS NA FACE DE CORTE DAS VAGENS MP, ARMAZENADAS A 5°C (90%UR) E SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES.	115
FIGURA 25- CURVAS PARA HUE, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA ENTRE OS VALORES MEDIDOS NOS DIAS 3, 7, 10 E 14 PARA COM OS VALORES INICIAIS, MEDIDOS NA FACE DE CORTE DAS VAGENS PM, ARMAZENADAS A 5°C (90%UR) E SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES.	117
FIGURA 26- APARÊNCIA DE VAGENS MINIMAMENTE PROCESSADAS ARMAZENADAS A 5°C (90%UR) DURANTE 14 DIAS EM FRASCO DE VIDRO DE 2,8 L SOB UM FLUXO CONTÍNUO DE AR.	118
FIGURA 27- APARÊNCIA DE VAGENS MINIMAMENTE PROCESSADAS ARMAZENADAS A 5°C (90%UR) DURANTE 14 DIAS EM FRASCO DE VIDRO DE 2,8 L SOB UM FLUXO CONTÍNUO DE UMA MISTURA DE GÁS COM 50KPAO ₂ + 30KPCO ₂ + 20KPAN ₂	118
FIGURA 28- ANÁLISE DE VALORES RESIDUAIS VERSUS VALORES PREDITOS PELO MODELO QUADRÁTICO, AJUSTADO À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE O VALOR MÉDIO OBTIDO	

NO DIA 3 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL, DE BACTÉRIAS PSICOTRÓFICAS EM VAGENS PM, ARMAZENADAS A 5°C/90%UR E SUBMETIDAS A OITO DIFERENTES MISTURAS DE GASES.....	133
FIGURA 29- ANÁLISE DE VALORES RESIDUAIS VERSUS VALORES PREDITOS PELO MODELO CÚBICO, AJUSTADO À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE O VALOR MÉDIO OBTIDO NO DIA 7 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL, DE BACTÉRIAS AERÓBIAS PSICOTRÓFICAS EM VAGENS PM, ARMAZENADAS A 5°C (90%UR) E SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES.	133
FIGURA 30- ANÁLISE DE VALORES RESIDUAIS VERSUS VALORES PREDITOS PELO MODELO CÚBICO, AJUSTADO À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE O VALOR MÉDIO OBTIDO NO DIA 10 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL, DE BACTÉRIAS AERÓBIAS PSICOTRÓFICAS EM VAGENS MP, ARMAZENADAS A 5°C/90%UR E SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES.	134
FIGURA 31- ANÁLISE DE VALORES RESIDUAIS VERSUS VALORES PREDITOS PELO MODELO QUADRÁTICO, AJUSTADO À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE O VALOR MÉDIO OBTIDO NO DIA 14 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL, DE BACTÉRIAS AERÓBIAS PSICOTRÓFICAS EM VAGENS PM, ARMAZENADAS A 5°C (90%UR) E SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES.....	134
FIGURA 32- CURVAS DE NÍVEL AJUSTADO AO MODELO QUADRÁTICO, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE O VALORES MÉDIOS OBTIDOS NO DIA 3 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL DE BACTÉRIAS PSICOTRÓFICAS EM VAGENS PM, SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).	136
FIGURA 33- CURVAS DE NÍVEL AJUSTADO AO MODELO QUADRÁTICO, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE O VALORES MÉDIOS OBTIDOS NO 7º DIA PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL DE BACTÉRIAS PSICOTRÓFICAS EM VAGENS PM, SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).	137
FIGURA 34- CURVAS DE NÍVEL AJUSTADO AO MODELO QUADRÁTICO, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE O VALORES MÉDIOS OBTIDOS NO 10º DIA PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL DE BACTÉRIAS PSICOTRÓFICAS EM VAGENS PM, SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).	137
FIGURA 35- CURVAS DE NÍVEL AJUSTADO AO MODELO QUADRÁTICO, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE O VALORES MÉDIOS OBTIDOS NO 14º DIA PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL DE BACTÉRIAS PSICOTRÓFICAS EM VAGENS PM, SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).	138
FIGURA 36- CURVAS DA CINÉTICA DA DIFERENÇA LOGARÍTMICA DE CRESCIMENTO ENTRE O VALOR MÉDIO OBTIDOS NOS DIAS 3, 7, 10 E 14 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL (B – B0) LOGUFC.G-1, DE BACTÉRIAS MESÓFILAS E PSICOTRÓFICAS EM VAGENS E CENOURAS PM, SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES E ARMAZENADAS A 5°C E 11°C, RESPECTIVAMENTE.....	141

LISTA DE TABELAS

- TABELA 1- MÉDIAS* DA TAXA DE RESPIRAÇÃO, $\text{MGCO}_2 \cdot \text{KG}^{-1} \cdot \text{H}^{-1}$, PARA VAGEM INTEIRA E PROCESSADA MINIMAMENTE, COLHIDAS NO VERÃO/DEZEMBRO E ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C. 49
- TABELA 2- MÉDIAS* DAS TAXAS DE RESPIRAÇÃO E VALORES DE Q₁₀ DE FEIJÕES-VAGEM INTEIROS E CORTADOS, COLHIDOS NAS ÉPOCAS DE VERÃO/DEZEMBRO E INVERNO/AGOSTO NA REGIÃO DE JARINU (SP), ARMAZENADOS NAS TEMPERATURAS DE 1°C, 5°C E 11°C. 52
- TABELA 3- TAXAS DE RESPIRAÇÃO E VALORES DE Q₁₀ DE CENOURAS 'BRASÍLIA' INTEIRAS E PROCESSADAS MINIMAMENTE, ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C (90%UR). 57
- TABELA 4- TAXA DE RESPIRAÇÃO* DE VAGEM PROCESSADA MINIMAMENTE $\text{MGCO}_2 \cdot \text{KG}^{-1} \cdot \text{H}^{-1}$ E ARMAZENADAS A 1°C, 5°C, 11°C E 25°C. 68
- TABELA 5- CARACTERÍSTICAS DOS FILMES UTILIZADOS NO ACONDICIONAMENTO DA CENOURA PROCESSADA MINIMAMENTE. 75
- TABELA 6- TEOR DE AA EM CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE (MG ÁCIDO ASCÓRBICO.100G⁻¹), MANTIDAS SOB DIFERENTES EMBALAGENS E TEMPERATURAS: CLYSAR AFG A 1°C; PEBD 25MM A 1°C; CLYSAR AFG A 5°C; PEBD 25MM A 5°C; CLYSAR AFG A 11°C E PEBD 25MM A 11°C. 81
- TABELA 7- pH DE CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE E MANTIDAS SOB DIFERENTES EMBALAGENS E TEMPERATURAS: CLYSAR AFG A 1°C; PEBD 25MM A 1°C; CLYSAR AFG A 5°C; PEBD 25MM A 5°C; CLYSAR AFG A 11°C E PEBD 25MM A 11°C. 82
- TABELA 8- SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS (°BRIX) EM CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE E MANTIDAS SOB DIFERENTES EMBALAGENS E TEMPERATURAS: CLYSAR AFG A 1°C; PEBD 25MM A 1°C; CLYSAR AFG A 5°C; PEBD 25MM A 5°C; CLYSAR AFG A 11°C E PEBD 25MM A 11°C. 83
- TABELA 9- ACIDEZ TITULÁVEL EM CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE E MANTIDAS SOB DIFERENTES EMBALAGENS E TEMPERATURAS: CLYSAR AFG A 1°C; PEBD 25MM A 1°C; CLYSAR AFG A 5°C; PEBD 25MM A 5°C; CLYSAR AFG A 11°C E PEBD 25MM A 11°C.. 84
- TABELA 10-CONTAGEM MICROBIANA DE MICRORGANISMOS DETERIORANTES, LOG UFC.G-1, EM CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE E MANTIDAS SOB DIFERENTES EMBALAGENS E TEMPERATURAS: 1°C, CLYSAR AFG; 1°C, PEBD 25MM; 5°C, CLYSAR AFG; 5°C, PEBD 25MM; 11°C, CLYSAR AFG; 11°C, PEBD 25MM. 87
- TABELA 11- DELINEAMENTO DOS 8 TRATAMENTOS UTILIZADOS PARA TESTAR A MISTURA DE OXIGÊNIO, GÁS CARBÔNICO E NITROGÊNIO EM CENOURAS E VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE. RESTRIÇÃO: $50\text{kPa} \leq \text{O}_2 \leq 100\text{kPa}$; $0 \leq \text{CO}_2 \leq 30\text{kPa}$; $0 \leq \text{N}_2 \leq 20\text{kPa}$ 98
- TABELA 12- MATRIZ DO PLANEJAMENTO EXPERIMENTAL COM AS FORMULAÇÕES DAS MISTURAS DE GASES, EM VALORES REAIS E EM PSEUDOCOMPONENTES. 99
- TABELA 13-ANÁLISE DE VARIÂNCIA PARA AJUSTE, PELO MÉTODO DE MÍNIMOS QUADRADOS, DE MODELOS LINEAR, QUADRÁTICO E CÚBICO ESPECIAL. $\text{SQR} = \text{SOMA QUADRÁTICA}$; $\text{SQR} = \text{SOMA QUADRÁTICA RESIDUAL}$; $\text{SQFA} = \text{SOMA QUADRÁTICA DE FALTA DE AJUSTE}$; $\text{SQEP} =$

SOMA QUADRÁTICA DE ERRO PURO; N = NÚMERO TOTAL DE OBSERVAÇÕES; M= NÚMERO DE NÍVEIS DISTINTOS; P= NÚMERO DE PARÂMETROS DO MODELO.....	100
TABELA 14- VALORES DAS DIFERENÇAS DE AA EM VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE NOS DIAS 0, 3, 7, 10 E 14, SUBMETIDAS A ATMOSFERAS DE GASES E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).....	103
TABELA 15- VALORES DAS DIFERENÇAS DE SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS EM VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE NOS DIAS 0, 3, 7, 10 E 14, SUBMETIDAS A ATMOSFERAS DE GASES E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).....	104
TABELA 16- VALORES DAS DIFERENÇAS DE pH EM VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE NOS DIAS 0, 3, 7, 10 E 14, SUBMETIDAS A ATMOSFERAS DE GASES E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).....	105
TABELA 17- VALORES DAS DIFERENÇAS DE ACIDEZ TITULÁVEL EM VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE NOS DIAS 0, 3, 7, 10 E 14, SUBMETIDAS A ATMOSFERAS DE GASES E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).....	107
TABELA 18-VALORES DE HUE (H) MEDIDOS NA FACE DE CORTE DE VAGENS APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO, CONSIDERANDO AS TRÊS DIFERENTES COLHEITAS E AS RESPECTIVAS ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 5°C (90%UR).....	108
TABELA 19-VALORES DE HUE (H) MEDIDOS NA FACE DE CORTE DE VAGENS DURANTE O ARMAZENAMENTO A 5°C (90%UR) E SOB ATMOSFERAS DE OITO MISTURAS DE GASES E AR.....	110
TABELA 20- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE AJUSTE DE MODELOS CODIFICADOS, CORRESPONDENTES ÀS ALTERAÇÕES DE COR EM VAGENS PM, ARMAZENADAS DURANTE 3 E 7 DIAS A 5°C (90%UR) E SOB ATMOSFERAS DE 8 MISTURAS DE GASES.....	111
TABELA 21- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DE AJUSTE DE MODELOS CODIFICADOS, CORRESPONDENTES ÀS ALTERAÇÕES DE COR EM VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE, ARMAZENADAS A 5°C (90%UR) DURANTE 10 E 14 DIAS E SOB ATMOSFERAS DE 8 MISTURAS DE GASES.....	112
TABELA 22- MODELOS DE REGRESSÃO CODIFICADOS AJUSTADOS AOS VALORES DE HUE (H), CORRESPONDENTES ÀS DIFERENÇAS ENTRE OS VALORES MEDIDOS NOS DIAS 10 E 14 PARA COM OS VALORES INICIAIS MEDIDOS NA FACE DE CORTE DE VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE, ARMAZENADAS A 5°C (90%UR) E SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES.....	113
TABELA 23- VALORES DAS DIFERENÇAS DE AA EM CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE NOS DIAS 0, 3, 7, 10 E 14, SUBMETIDAS A DIFERENTES ATMOSFERAS DE GASES E ARMAZENADAS A 11°C (90%UR).....	119
TABELA 24- VALORES DAS DIFERENÇAS DE SÓLIDOS SOLÚVEIS TOTAIS EM CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE NOS DIAS 0, 3, 7, 10 E 14, SUBMETIDAS A DIFERENTES ATMOSFERAS DE GASES E ARMAZENADAS A 11°C (90%UR).....	121
TABELA 25- VALORES DAS DIFERENÇAS DE pH EM CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE NOS DIAS 0, 3, 7, 10 E 14, SUBMETIDAS A DIFERENTES ATMOSFERAS DE GASES E ARMAZENADAS A 11°C (90%UR).....	124

TABELA 26- VALORES DAS DIFERENÇAS DE ACIDEZ TITULÁVEL EM CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE NOS DIAS 0, 3, 7, 10 E 14, SUBMETIDAS A DIFERENTES ATMOSFERAS DE GASES E ARMAZENADAS A 11°C (90%UR).....	127
TABELA 27- RESULTADO DAS ANÁLISES DE MICRORGANISMOS INDICADORES NAS VAGENS <i>IN NATURA</i> E APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO.	129
TABELA 28- RESULTADO DAS ANÁLISES DE MICRORGANISMOS INDICADORES NAS CENOURAS <i>IN NATURA</i> E APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO.	130
TABELA 29- MODELOS CODIFICADOS DA CINÉTICA DE CRESCIMENTO DE BACTÉRIAS AERÓBIAS PSICROTRÓFICAS EM VAGENS PM, CORRESPONDENTES AS DIFERENÇAS ENTRE OS VALORES MEDIDOS NOS DIAS 3, 7, 10 E 14 PARA COM OS VALORES INICIAIS; ARMAZENADAS A 5°C (90%UR) E SUBMETIDAS A OITO MISTURAS DE GASES.	132
TABELA 30A- VALORES MÉDIOS*DA TAXA DE RESPIRAÇÃO EM $\text{MGCO}_2\cdot\text{KG}^{-1}\cdot\text{H}^{-1}$ PARA CENOURAS INTEIRAS E PROCESSADAS MINIMAMENTE, ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C (90%UR).159	
TABELA 31A- VALORES MÉDIOS* DA TAXA DE RESPIRAÇÃO EM $\text{MGCO}_2\cdot\text{KG}^{-1}\cdot\text{H}^{-1}$ PARA VAGENS INTEIRAS E PROCESSADAS MINIMAMENTE, ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C (90%UR).159	
TABELA 32A-TAXA DE RESPIRAÇÃO $\text{MGCO}_2\cdot\text{KG}^{-1}\cdot\text{H}^{-1}$ A 25°C PARA VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE, APÓS ARMAZENAMENTO A 1°C (90%UR) DURANTE 2, 4, 6, 8, 10 E 12 DIAS.	160
TABELA 33A-TAXA DE RESPIRAÇÃO $\text{MGCO}_2\cdot\text{KG}^{-1}\cdot\text{H}^{-1}$ A 25°C PARA VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE, APÓS ARMAZENAMENTO A 5°C (90%UR) DURANTE 2, 4, 6, 8, 10 E 12 DIAS.	160
TABELA 34A-VALORES DA TAXA DE RESPIRAÇÃO EM $\text{MGCO}_2\cdot\text{KG}^{-1}\cdot\text{H}^{-1}$ A 25°C PARA VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE, APÓS ARMAZENAMENTO A 11°C (90%UR) DURANTE 2, 4, 6, 8, 10 E 12 DIAS.....	161
TABELA 35A- TAXA DE RESPIRAÇÃO $\text{MGCO}_2\cdot\text{KG}^{-1}\cdot\text{H}^{-1}$ PARA VAGENS PROCESSADAS MINIMAMENTE, COLHIDAS NO INVERNO/AGOSTO E ARMAZENADAS A 1°C, 5°C E 11°C (90%UR).	162
TABELA 36A- ÍNDICE DE ESBRANQUIÇAMENTO PARA CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE E MANTIDAS SOB DIFERENTES EMBALAGENS E TEMPERATURAS: 1°C, CLYSAR AFG; 1°C, PEBD 25MM; 5°C, CLYSAR AFG; 5°C, PEBD 25MM; 11°C, CLYSAR AFG; 11°C, PEBD 25MM.	162
TABELA 37A- TEORES MÉDIOS DE O ₂ MEDIDOS EM EMBALAGENS DE CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE E MANTIDAS SOB DIFERENTES EMBALAGENS E TEMPERATURAS: 1°C, CLYSAR AFG; 1°C, PEBD 25MM; 5°C, CLYSAR AFG; 5°C, PEBD 25MM; 11°C, CLYSAR AFG; 11°C, PEBD 25MM.....	163
TABELA 38A- TEORES MÉDIOS DE CO ₂ MEDIDOS EM EMBALAGENS DE CENOURAS PROCESSADAS MINIMAMENTE E MANTIDAS SOB DIFERENTES EMBALAGENS E TEMPERATURAS: 1°C, CLYSAR AFG; 1°C, PEBD 25MM; 5°C, CLYSAR AFG; 5°C, PEBD 25MM; 11°C, CLYSAR AFG; 11°C, PEBD 25MM.....	163

TABELA 39A- VALORES DE ÁCIDO ASCÓRBICO APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE VAGENS, CONSIDERANDO AS DIFERENTES COLHEITAS E ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 5°C (90%UR).	164
TABELA 40A- VALORES DE ACIDEZ TITULÁVEL APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE VAGENS, CONSIDERANDO AS DIFERENTES COLHEITAS E ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 5°C (90%UR).	164
TABELA 41A- VALORES DE pH APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE VAGENS, CONSIDERANDO AS DIFERENTES COLHEITAS E ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 5°C (90%UR).....	165
TABELA 42A- VALORES DE SST APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE VAGENS, CONSIDERANDO AS DIFERENTES COLHEITAS E ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 5°C (90%UR).....	165
TABELA 43A- VALORES DE ÁCIDO ASCÓRBICO APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE CENOURAS, CONSIDERANDO AS DIFERENTES COLHEITAS E ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 11°C (90%UR).	166
TABELA 44A- VALORES DE ACIDEZ TITULÁVEL APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE CENOURAS, CONSIDERANDO AS DIFERENTES COLHEITAS E ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 11°C (90%UR).	166
TABELA 45A- VALORES DE pH APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE CENOURAS, CONSIDERANDO AS DIFERENTES COLHEITAS E ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 11°C (90%UR).....	167
TABELA 46A- VALORES DE SST APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE CENOURAS, CONSIDERANDO AS DIFERENTES COLHEITAS E ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 11°C (90%UR).	167
TABELA 47A- CONTAGEM DE BACTÉRIAS AERÓBIAS PSICOTRÓFICAS APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE VAGENS, CONSIDERANDO AS DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA E ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 5°C (90%UR).	168
TABELA 48A- CONTAGEM DE BACTÉRIAS AERÓBIAS PSICOTRÓFICAS APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE CENOURAS, CONSIDERANDO AS DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA E ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 11°C (90%UR).....	168
TABELA 49A- CONTAGEM DE BACTÉRIAS AERÓBIAS MESÓFILAS APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE VAGENS, CONSIDERANDO AS DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA E ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 5°C (90%UR).	169
TABELA 50A- CONTAGEM DE BACTÉRIAS AERÓBIAS MESÓFILAS APÓS O PROCESSAMENTO MÍNIMO DE CENOURAS, CONSIDERANDO AS DIFERENTES ÉPOCAS DE COLHEITA E ATMOSFERAS DE ARMAZENAMENTO A 11°C (90%UR).....	169
TABELA 51A- CRESCIMENTO DE BACTÉRIAS MESÓFILAS E PSICOTRÓFICAS, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA ENTRE OS VALORES OBTIDOS NOS DIAS 3, 7, 10 E 14 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL PARA VAGENS PM, SOB ATMOSFERAS DE MISTURAS DE GASES E AR, E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).	170
TABELA 52A- CRESCIMENTO DE BACTÉRIAS MESÓFILAS E PSICOTRÓFICAS, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA ENTRE OS VALORES OBTIDOS NOS DIAS 3, 7, 10 E 14 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL, PARA CENOURAS PM SOB ATMOSFERAS DE MISTURAS DE GASES E AR, E ARMAZENADAS A 11°C (90%UR).	171

TABELA 53A- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO AJUSTE DE MODELOS CODIFICADOS, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE OS VALORES OBTIDOS NOS DIAS 3 E 7 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL DE BACTÉRIAS PSICOTRÓFICAS PARA VAGENS PM, SOB ATMOSFERAS DE 8 MISTURAS E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).	172
TABELA 54A- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO AJUSTE DE MODELOS CODIFICADOS, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE OS VALORES OBTIDOS NOS DIAS 10 E 14 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL DE BACTÉRIAS PSICOTRÓFICAS PARA VAGENS PM, SOB ATMOSFERAS DE 8 MISTURAS E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).	173
TABELA 55A- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO AJUSTE DE MODELOS CODIFICADOS, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE OS VALORES OBTIDOS NOS DIAS 3 E 7 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL DE BACTÉRIAS MESÓFILAS PARA VAGENS PM, SOB ATMOSFERAS DE 8 MISTURAS E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).	174
TABELA 56A- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO AJUSTE DE MODELOS CODIFICADOS, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE OS VALORES OBTIDOS NOS DIAS 10 E 14 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL DE BACTÉRIAS MESÓFILAS PARA VAGENS PM, SOB ATMOSFERAS DE 8 MISTURAS E ARMAZENADAS A 5°C (90%UR).	175
TABELA 57A- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO AJUSTE DE MODELOS CODIFICADOS, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE OS VALORES OBTIDOS NOS DIAS 3 E 7 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL DE BACTÉRIAS PSICOTRÓFICAS PARA CENOURAS PM, SOB ATMOSFERAS DE 8 MISTURAS E ARMAZENADAS A 11°C (90%UR).	176
TABELA 58A- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO AJUSTE DE MODELOS CODIFICADOS, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE OS VALORES OBTIDOS NOS DIAS 10 E 14 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL DE BACTÉRIAS PSICOTRÓFICAS PARA CENOURAS PM, SOB ATMOSFERAS DE 8 MISTURAS E ARMAZENADAS A 11°C (90%UR). .	177
TABELA 59A- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO AJUSTE DE MODELOS CODIFICADOS, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE OS VALORES OBTIDOS NOS DIAS 3 E 7 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL DE BACTÉRIAS MESÓFILAS PARA CENOURAS PM, SOB ATMOSFERAS DE 8 MISTURAS E ARMAZENADAS A 11°C (90%UR).	178
TABELA 60A- ANÁLISE DE VARIÂNCIA DO AJUSTE DE MODELOS CODIFICADOS, CORRESPONDENTES À DIFERENÇA DE CRESCIMENTO ENTRE OS VALORES OBTIDOS NOS DIAS 10 E 14 PARA COM O VALOR MÉDIO INICIAL DE BACTÉRIAS MESÓFILAS PARA CENOURAS PM, SOB ATMOSFERAS DE 8 MISTURAS E ARMAZENADAS A 11°C (90%UR).	179

RESUMO

Apesar dos consumidores associarem frutas e hortaliças como uma dieta saudável, por outro lado, estão mais exigentes, requerendo o aprimoramento da qualidade e a praticidade para seu consumo. Para atender esta expectativa dos consumidores, as hortaliças processadas minimamente necessitam de aplicação de tecnologias, a fim de evitar a perda de qualidade causada pelas várias operações unitárias inerentes ao processamento. O presente trabalho teve como finalidade caracterizar os efeitos da temperatura, da modificação da atmosfera através da aplicação de filme plástico e de atmosferas ativas com altos teores de O₂ e CO₂, visando atingir a segurança, a alta qualidade e a conveniência no consumo de produtos processados minimamente (PM). O conceito de aplicação de fatores de preservação combinados envolve um enfoque mais amplo da preservação da qualidade, tanto na prevenção do crescimento de microrganismos de deterioração e/ou tóxicos, mas também para a conservação de outros atributos (cor, sabor, odor, textura). Em cenoura e vagem processadas minimamente, considerando um sistema com fluxo de ar contínuo, um acréscimo de 10°C na temperatura causou um aumento na taxa respiratória de 3,0 vezes em cenouras e, para vagens aumentou de 3,78 a 4,71 vezes. As condições climáticas de produção, verão e inverno, afetaram a taxa de respiração de vagens, sendo em torno de 50% maior para as vagens colhidas na época de inverno em relação às vagens colhidas no verão. O sintoma de dano pelo frio foi constatado à temperatura de 1°C, sendo possível mantê-las a esta temperatura no máximo durante 4 dias. Foi observada uma diferença de 3 ciclos logUFC.g⁻¹ no atraso de crescimento de microrganismos de deterioração a 1°C quando comparado a 11°C, para as cenouras embaladas em filmes plásticos. A aplicação de altos teores de O₂ e CO₂ em cenoura e vagem PM, considerando um sistema experimental aberto, com fluxo da mistura de gases contínuo, causou uma diminuição do crescimento de bactérias aeróbias psicrotróficas e mesófilas em torno de 2 ciclos log ao longo do período de 10 dias de armazenamento tanto para as cenouras mantidas a 11°C como para as vagens a 5°C. O alto teor de CO₂ (30 kPa) em sinergia com alto teor de O₂ (50 a 60 kPa) apresentou uma maior eficiência na inibição do crescimento das bactérias. A presença de altos teores de CO₂ também evitaram a ocorrência de escurecimento enzimático nas vagens, evitando a perda de sua coloração verde durante o período de armazenamento.

Palavras-chave: Fisiologia pós-colheita, Cenouras, Vagem, Crescimento microbiano, processamento mínimo.

ABSTRACT

MINIMALLY PROCESSED CARROTS AND SNAP BEANS

Although the consumers associate fruits and vegetables to a healthy diet, they are more demanding about their quality and facility, on the other hand. The minimally processed vegetables need some technology to satisfy the consumer's expectations and in order to avoid the loss of the quality caused by many different operations concerned to minimally processing food. This work has the purpose to characterize the temperature effects, to modify the atmosphere by using plastic films and active atmospheres with high concentration of CO₂ and O₂. It aims to get safety, high quality and the convenience in consuming minimally processed products. The combination of preservation factors applied to minimal processing of foods concept involves a wider focus of quality preservation as prevention of the microorganisms deterioration growth and toxics microorganisms: and also for the conservation of other qualities (color, flavour, odor, texture). The minimally processing carrots and snap beans submitted to an open experimental system with the continuous air flux, an increase of 10°C in the temperature has caused an increase of the respiration rate from 2 to 3 times in carrots and from 4 to 5 times on snap beans, being around 50% higher to snap beans harvested in the summer. The chilling injury symptoms on the snap beans were verified at the temperature of 1°C. It is possible to maintain then at this temperature during only four days. It was observed a difference of 3 cycles log UFC.g⁻¹ in the growth lag of deterioration microorganisms at 1°C when compared to 11°C, for the plastic films packaged carrots. The application of high concentration on the MP carrots and snap beans considering an experimental open system, with mixture flux of continuous gases, caused a decrease of psicotrofic and mesofile aerobic bacteria around 2 cycles log during 10 days of storage either carrots at 11°C or snap beans at 5°C. The high concentration of CO₂ (30kPa) in synergy with high level of O₂ (50 to 60 kPa) presented bigger efficiency in inhibition of the bacteria growth. The presence of high concentration of O₂ also CO₂ also avoided the occurrence of enzymatic browning on the snap beans, besides the loss of the green coloration during the storage period. The high concentration of O₂ and CO₂ didn't caused statistics alteration on C vitamin when compared to the air.

Key words: Carrots, Snap beans, Postharvest physiology, Crops processing e Microorganism growth.

1. INTRODUÇÃO

Na região Sudeste do Brasil é produzido mais de 60% das hortaliças, e São Paulo é o maior produtor brasileiro com 40% da produção regional. No Estado de São Paulo são cultivados 20 milhões de hectares em 277.124 propriedades agrícolas. No Sul e Sudeste brasileiro, principalmente em São Paulo, a produção de hortaliças é realizada em parceria entre o proprietário e as famílias dos trabalhadores. Em média cada proprietário emprega por propriedade cerca de 3 a 10 famílias. Em São Paulo, existem 40.000 propriedades de olericultores que proporcionam empregos a mais de um milhão de pessoas (CAMARGO & MAZZEI, 2001).

Segundo VIEIRA (1997), é importante lembrar que o processo de globalização e abertura dos mercados para produtos agrícolas faz com que os referenciais de eficiência econômica e de tecnologia para a formação dos preços dos produtos agropecuários sejam os mais avançados em nível global. Os produtores de mercadorias de base tecnológica menos intensiva, em geral com menor capacidade para captar e processar a informação tecnológica, terminam na maioria das vezes acumulando perdas significativas.

A revista VEJA, de 23/08/2000, citado em CAMARGO & MAZZEI (2001), mostra dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) referentes ao período 1992-99, constatando que a atividade rural perdeu 4% dos postos de trabalho no Brasil, caiu de 28% para 24%. No entanto, esta participação ainda é maior que a indústria, responsável por 19%.

Para esse estrato de produtores, uma das soluções possíveis seria a rápida modernização tecnológica, nos níveis que lhes permitam atingir os padrões de produtividade dos segmentos modernos da agropecuária mundial. Seu êxito obviamente depende da superação de fatores sócio-culturais e educacionais que impedem ou dificultam a absorção da informação, além da superação de barreiras econômicas que impedem ou dificultam o acesso aos volumes de capital necessários para a aplicação de tecnologias intensivas ou para ajustar a escala de produção de forma a tornar viável a adoção de determinadas tecnologias ou a comercialização eficiente da produção. Uma abordagem alternativa seria direcionar esses produtores, para culturas de maior valor agregado, fora do segmento de mercadorias, cujos mercados ainda não estão tão bem organizados, inclui-se ainda nessa alternativa a

verticalização de uma parcela da produção, até a incorporação de tecnologias de pós-colheita, adequadas ao uso e proteção de marcas e diferenciação de atributos (VIEIRA, 1997).

Dentro deste contexto, ajusta-se perfeitamente o processamento mínimo de hortaliças, cujas tecnologias de produção e processamento, mesmo as mais modernas, ainda são relativamente intensivas em mão-de-obra e se prestam à aplicação em escalas reduzidas.

O consumo de produtos frescos, frutas e hortaliças, tem sido associado com uma dieta saudável (SERAFINI, 2001). A importância de uma dieta saudável é reconhecida por governos nacionais e organismos internacionais que tem se dedicado, com muito esforço, na implementação de políticas nutricionais e campanhas educacionais para conscientizar a população em aumentar o consumo de produtos frescos. Por exemplo, no Brasil, o câncer hoje já ocupa o segundo lugar em causas de morte por doenças, perdendo apenas das doenças cardiovasculares (Ministério da Saúde/INCA (1996), citado em COSTA-SILVA & MENDONÇA, 2001). Dentre os fatores alimentares identificados e que podem diminuir o risco de desenvolvimento de câncer estão as hortaliças ricas em substâncias antioxidantes, tais como a vitamina E, vitamina C, carotenóides e fenólicos que protegem o organismo dos efeitos nocivos dos radicais livres (SERAFINI, 2001).

Deve-se também considerar a maior exigência dos consumidores quanto à qualidade, o que têm exigido que as hortaliças tenham adição de serviços que agreguem valor e economizem tempo no seu preparo.

Segundo VIEIRA (1997), o potencial de crescimento do mercado brasileiro é muito grande. Para tanto é necessário considerar a segmentação do mercado brasileiro onde o mercado rico composto de cerca de 30% a 40% da população, isto é, um estrato de aproximadamente 50 a 60 milhões de pessoas, que movimentam cerca de US\$ 320 a 350 bilhões anualmente, apresenta-se ávido e capaz de absorver, em quantidades relativamente grandes, qualquer produto consumido nos grandes centros internacionais.

Como conseqüência deste novo perfil da população, a conveniência do consumidor passa a ter um peso maior, exigindo que as hortaliças sejam oferecidas sob medida para o público alvo, com maior diversidade de produtos, novas formas de apresentação e preparo, atendendo às várias faixas etárias; oferecer produtos mais práticos (lavadas, higienizadas, prontas para o consumo), embalagens menores, sem agrotóxicos.

Também a facilidade de acesso às informações tornou o consumidor mais exigente, especialmente quanto aos efeitos dos alimentos para a sua saúde, havendo uma preocupação crescente com os aspectos saudáveis dos produtos, sua qualidade ambiental, frescor, teor de colesterol e outras substâncias indesejáveis (FRUTIFATOS, 1998).

É comum, quando se fala de mercado de alimentos, pensar somente no mercado de varejo, principalmente quando se analisa o mercado de frutas e hortaliças. Mas as mudanças de hábito do brasileiro estão levando a indústria da alimentação, restaurantes, supermercados e redes de entrega a melhor servir o consumidor que não tem paciência ou tempo para cozinhar. A disputa é por um mercado que cresce muito, pois, enquanto o índice geral de crescimento da indústria de alimentos é de 3% a 3,5% ao ano, o índice de crescimento do *food service* é de 8,5% a 10%, de acordo com dados da Associação Brasileira de Engenheiros de Alimentos (ABIA). Este segmento de *food service*, geralmente, não dispõem de espaço suficiente, tendo em vista a enorme quantidade de material que se descarta para o seu preparo. Assim, é comum o abastecimento destas empresas de *fast food*, mesmo os hotéis e restaurantes, por hortaliças processadas minimamente.

De uma maneira geral há uma grande exigência destes mercados, tanto a varejo como institucional, por produtos que mantenham suas características sensoriais. Somente com o emprego da temperatura baixa e da atmosfera modificada é possível manter a higiene do alimento, além de manter as suas características de qualidade, assegurando a eficácia desta agregação de valores.

Os principais mecanismos de deterioração destes produtos minimamente processados e que restringem o período de comercialização são a descoloração enzimática, o crescimento microbiano e a perda de água (DAY, 2001).

O controle destes mecanismos de deterioração tornou-se possível através do desenvolvimento da tecnologia de embalagem de atmosfera modificada, sendo esta também muito empregada para estender o período de comercialização de várias frutas e hortaliças.

A despeito do processo de resfriamento das hortaliças, estas continuam respirando após a colheita, e conseqüentemente a embalagem deve considerar esta atividade respiratória. A respiração consiste de um processo biológico muito complexo, onde os carboidratos, os ácidos orgânicos e outras substâncias são transformados em moléculas mais simples com a produção de calor (DAY, 2001).

O consumo de O_2 e o aumento de CO_2 no interior da embalagem são conseqüências naturais do processo respiratório, quando as hortaliças são acondicionadas em filmes plásticos selados. Tal processo de modificação da atmosfera interna pode ocorrer passivamente, devido à respiração natural do produto associada a um filme de embalagem com permeabilidade apropriada aos gases O_2 e CO_2 . Entretanto, para as hortaliças minimamente processadas embaladas em sacos plásticos, há uma certa limitação para se atingir a atmosfera passiva desejada. Existem certas circunstâncias em que se deseja estabelecer uma rápida atmosfera no interior da embalagem com o produto. Tal objetivo é possível de se atingir insuflando uma mistura de O_2 e CO_2 com balanço de N_2 na embalagem antes do fechamento, o que se denomina atmosfera ativa.

Para cada produto, existem diferentes fatores que influenciam o estabelecimento de uma atmosfera modificada no interior da embalagem, como a taxa de respiração, a permeabilidade do filme da embalagem aos gases, volume vazio no interior, área superficial e peso de produto, relação entre volume de produto/volume vazio. Também exerce influência as propriedades intrínsecas do produto (pH, atividade de água, estrutura biológica, sensibilidade e produção de etileno) e extrínsecas como a colheita, higiene, controle de temperatura e manuseio pós-colheita.

1.1 Objetivo Geral

Analisar alguns dos principais parâmetros que influenciam o processo de deterioração em hortaliças minimamente processadas, sendo escolhidos para o presente estudo duas hortaliças de estruturas biológicas distintas, cenoura e vagem.

1.1.1 Objetivos Específicos

Avaliar a influência do processamento mínimo na taxa respiratória de cenoura e vagem sob diferentes temperaturas de armazenamento.

Verificar a ocorrência de dano pelo frio em vagem processada minimamente.

Estudar a influência de filmes plásticos de diferentes permeabilidades e sob diferentes temperaturas de armazenamento no crescimento de microrganismos de deterioração.

Analisar o efeito de atmosferas ativas com altos teores de O_2 e CO_2 no atraso do crescimento de microrganismos e na fisiologia durante o armazenamento.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 MATÉRIA-PRIMA

2.1.1 Cenoura

O cultivo da cenoura abrange cerca de 28 mil hectares / ano nas diferentes regiões do Brasil (SOB, 2004). Em 2001, o valor total da produção foi de US\$ 143 milhões, o equivalente a 5% do valor total da produção de hortaliças.

A cenoura (*Daucus carota* L.) constitui-se em uma das hortaliças mais produzidas, sendo de grande emprego na indústria de alimentos, podendo ser processada para conserva enlatada, em mistura com outras hortaliças ou também na forma desidratada. Entre as hortaliças processadas minimamente, a cenoura é uma das mais populares, sendo comercializada de várias maneiras: raladas, cortadas em fatias, cubos, palitos, e ainda apresentada na forma de mini-cenoura (*baby carrot*). Também é muito utilizada na forma *in natura*, em programas de merenda escolar.

Os carotenóides existentes na cenoura, responsáveis pela cor alaranjada das raízes, têm atividade pró-vitamina A, quer dizer, quando ingeridos pelo ser humano, são transformados em vitamina A, constituindo-se em uma das principais fontes desta vitamina para a população (GLOBO RURAL, 2004). Sua deficiência causa problemas relacionados à visão e aumentos de mortalidade infantil causados pela malária (SOB, 2004).

As variedades de cenoura diferenciam-se pelo ciclo, forma, comprimento e coloração das raízes; a cor predominante é alaranjada, mas existem variedades amarelas e mesmo brancas, utilizadas, entretanto, somente como forrageiras (CAMARGO, 1972). A cultivar Brasília, desenvolvida pela Embrapa, é a responsável pela maior parte dos plantios brasileiros. Esta variedade lançada em 1981, adaptada às condições de muitas regiões produtoras, permite ser cultivada durante o ano todo. Desta forma, proporcionou a regularização da oferta de cenouras no mercado brasileiro e a diminuição dos custos produtivos. Isso proporcionou grande expansão nos plantios em regiões como São Gotardo em Minas Gerais, e Irecê, na Bahia (GLOBO RURAL, 2004). No entanto, é usual conforme o período do ano, em função da maior resistência e menor incidência de doenças fazer o plantio de diferentes variedades.

Desta forma, produtores localizados em São Gotardo, normalmente, utilizam no verão a variedade Brasília, sendo seu ciclo de 90 a 100 dias. No inverno são plantadas cenouras da variedade Nantes e híbridas que tem um ciclo de 110 a 120 dias (MAKOTO, 2004).

As cenouras possuem uma alta capacidade produtiva, atingindo 2.200 e 3.000 caixas de 20 kilos por hectare, respectivamente no verão e no inverno. Em virtude de serem muito perecíveis, as etapas de colheita, lavagem e transporte são realizados com grande agilidade (MAKOTO, 2004). De acordo com o tipo varietal a cenoura pode ser classificada em 3 grupos (CEAGEP, 2004):

- Kuroda: formato cônico, ponta arredondada, coração pouco evidente, coloração laranja avermelhada, pescoço pequeno.
- Nantes: 90% da produção cilíndrica, ponta arredondada, coração pouco evidente, pele lisa, coloração laranja escura, pescoço pequeno.
- Brasília: Formato cônico, ponta pouco fechada, coração evidente, pele pouco lisa, coloração laranja clara, pescoço grande.

No processamento mínimo assim como na indústria é dada preferência às raízes de forma cilíndrica e que sejam curtas, a fim de se evitar maiores perdas que ocorrem com a eliminação das pontas. Quanto à coloração, esta deve ser totalmente de cor alaranjada (córtex e coração), não se aconselhando variedades que apresentam coloração esverdeada na proximidade da inserção da parte aérea da planta. No Brasil estas características são preenchidas pela variedade Nantes (PINEDO, 2003).

2.1.2 Feijão-Vagem

O feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.), também conhecido como vagem, é uma planta muito parecida com o feijoeiro que é cultivado e consumido como hortaliça. Possui mais proteína que qualquer outro alimento de origem vegetal e na sua composição é encontrado cálcio, fósforo, ferro e as vitaminas A, B₁, B₂ e C (TESSARIOLI NETO & GROPPPO, 1992). A exploração comercial dessa cultura tem por finalidade o aproveitamento das vagens, produzidas pela planta, em seu estado imaturo. A ausência de fibrosidade nas

vagens permite a sua utilização na alimentação humana de várias formas, podendo ser industrializadas ou consumidas *in natura*, inteiras ou minimamente processadas.

As temperaturas mais indicadas para o cultivo das vagens, visando seu melhor desenvolvimento e qualidade, ficam entre 20°C e 25°C. Em regiões mais frias ou com inverno mais acentuado, a vagem apresenta um desenvolvimento mais retardado. As cultivares de verão iniciam a colheita aos 60 dias após a sementeira, enquanto as de inverno iniciam a produção com 100 a 120 dias. Geralmente, as vagens são colhidas manualmente quando ainda se encontram imaturas. Na prática, conhece-se esse ponto quando elas atingem cerca de 14 cm de comprimento, o que normalmente acontece após 20 dias da floração. As vagens devem apresentar-se tenras, partindo-se as pontas ao serem vergadas com os dedos.

As cultivares de vagem dividem-se em dois diferentes grupos: trepadeiras e rasteiras. No grupo das trepadeiras, o formato da vagem pode ser circular (tipo Macarrão) ou um formato elíptico (tipo Manteiga). O grupo das vagens rasteiras são cultivares de porte anão, para cultivo sem tutoramento. A vagem tipo Macarrão é a mais produzida na região Sudeste, sendo o rendimento normal em torno de 25 a 30 toneladas por hectare (TESSARIOLI NETO & GROppo, 1992).

A colheita manual exige muita atenção para não causar ferimentos que permitam a entrada de microrganismos presentes no campo e que aceleram a deterioração dos tecidos além de facilitar a excessiva perda de água. Realizar a colheita em períodos do dia em que seja mais fresco, colhendo quando as vagens estão mais frias (após o nascer do sol). As vagens colhidas devem ficar sob a proteção do sol, podendo utilizar a sombra das próprias plantas até o transporte para o armazenamento em câmaras frias (BOYETE *et al.*, 1994).

Não havendo condições de conservar em câmaras refrigeradas, fazer a colheita somente do produto a ser processado. Sabe-se que o produto exposto ao Sol absorverá o calor da energia solar, aumentando a sua temperatura. Tal aspecto é muito importante para hortaliças como a vagem que apresenta uma coloração verde escura e, portanto, absorvem mais calor (BOYETE *et al.*, 1994). O ideal é fazer com que fiquem o menor tempo possível sujeita a altas temperaturas do campo, transportando para a área de processamento a fim de serem resfriadas e armazenadas temporariamente em câmaras frias.

Assim, a utilização de técnicas e condições adequadas na colheita é fundamental para se obter um produto minimamente processado com qualidade, uma vez que, não é possível

transformar um produto recém-colhido de baixa qualidade em um de boa qualidade após ser processado (KENNEDY, 2001).

Na colheita a vagem possui uma temperatura superior à recomendada para sua armazenagem. Assim, a realização de um resfriamento, na planta de processamento, imediatamente após a colheita, é fundamental para reduzir a velocidade da deterioração natural assim como o murchamento, seu maior problema pós-colheita. Uma perda de 5% no peso é suficiente para se constatar visualmente o murchamento e de 10-12% apresenta-se imprópria para comercialização ou para ser minimamente processada (CANTWELL, 2000). O Quadro 1 mostra a porcentagem de perda de peso resultante do atraso no resfriamento das vagens após a colheita.

Quadro 1- Efeito do atraso no resfriamento de vagem após a colheita sobre a perda de peso.

Tempo de Atraso (hora)	Perda de Peso (%)
1	2,2
3	2,8
5	10,0

Fonte: W.Hurst, University of Georgia, 1982 (BOYETE *et al.*, 1994).

2.2 Fatores Pós-Colheita

O objetivo de se atingir a segurança, a alta qualidade e a conveniência no consumo de produtos minimamente processados, somente pode ser alcançado, com o conceito de aplicação de fatores de preservação combinados. Assim, considerando um enfoque mais amplo da preservação da qualidade, pode-se enquadrar a associação destes fatores como uma tecnologia de barreiras ou até mesmo, uma tecnologia de fatores combinados (ALZAMORA *et al.*, 2000).

Desta forma, a combinação de técnicas usadas no manuseio de pós-colheita e armazenamento de frutas ou hortaliças, incluindo o resfriamento rápido, a refrigeração, armazenamento em embalagem com atmosfera modificada associada à refrigeração, processo térmico com alta temperatura/tempo curto, têm ampliado o conceito de processamento mínimo de frutas e hortaliças (LEISTNER, 2000).

A homeostase é a tendência de uniformizar e estabilizar o metabolismo do interior de uma célula ou esporo de um micróbio. Assim, a preservação de alimentos abrangendo diferentes aspectos é possível de ser alcançada pela interferência permanente ou temporária na homeostase do microrganismo presente no alimento. A homeostase do micróbio é um fato importante durante a preservação do alimento; a resposta do micróbio a fatores selecionados ou barreiras aplicadas durante o processamento, embalagem, armazenamento e distribuição, determinam se o microrganismo inicialmente presente irá permanecer na fase de repouso ou morrer antes de sua homeostase ser reparada (ALZAMORA *et al.*, 2000; LEISTNER, 2000).

Esta é a razão porque muitas técnicas de conservação de alimentos têm como objetivo interferir com o ativo mecanismo homeostático que opera na célula do micróbio vegetativo e nos esporos do micróbio. A estabilidade interna (composição e volume do fluido celular) é vital para a sua sobrevivência e crescimento. A estabilidade ou homeostase é mantida por meio de mecanismos de *feedback* que agem em resposta às mínimas mudanças das variáveis fisiológicas, conduzindo a uma série de reações que restabelecerá as variáveis alteradas ao seu valor original (ALZAMORA *et al.*, 2000).

O controle do desenvolvimento de microrganismos nas frutas e hortaliças considerando a combinação de métodos, deve ser analisado não somente como uma interferência da homeostase pela adição de barreiras sinérgicas, mas como uma aplicação de certas técnicas que poderão ser eficientes contra uma espécie de microrganismos, e ineficazes contra outros. Todas as técnicas de conservação de frutas e hortaliças são fundamentadas na prevenção do crescimento de microrganismos de deterioração e de microrganismos tóxicos, mas também para a conservação de outros atributos (Leistner & Rodel, 1976, citado em LEISTNER, 2000).

Uma maior preocupação tem surgido com a segurança microbiológica de produtos processados minimamente. O aumento da vida de prateleira proporcionado pelas tecnologias de pós-colheita, por outro lado, permitem tempo suficiente para crescimento de patógenos, especialmente os de natureza psicrotróficos (HARRIS *et al.*, 2003). Leistner & Rodel (1976), citado em LEISTNER (2000), introduziram o conceito de barreira para ilustrar o fato de que em muitos alimentos, uma combinação de fatores de conservação soma para a sua estabilidade microbiológica final. Tal conceito desenvolveu-se a ponto de certas barreiras terem grande efeito para a conservação de certos produtos processados minimamente.

Para a definição de uma combinação de técnicas de conservação que melhor conservem a qualidade do produto, deve-se antecipar que tipos de microrganismos e quais são os principais aspectos fisiológicos que causam a perda de qualidade (LEISTNER, 2000). Os microrganismos apresentam dois importantes problemas no manuseio pós-colheita de frutas e hortaliças: problemas de deterioração devido ao ataque microbiológico e risco de doença ao ser humano devido às toxinas produzidas por certos patógenos. Assim, a segurança no controle de microrganismos nos alimentos é um componente essencial da qualidade de alimentos (HARRIS *et al.*, 2003).

Frutas e hortaliças frescas têm sido as mais seguras entre os alimentos, devido ao mecanismo natural, uma fina casca e substâncias antimicrobianas natural e/ou ácidos orgânicos que freqüentemente mantém o pH a valores abaixo de 4,6. Entretanto, tais produtos não são isentos de riscos: frutas e hortaliças são responsáveis de 2% a 7% de casos confirmados de doenças causadas por alimentos contaminados (LEISTNER, 2000).

A penetração por potenciais micróbios patogênicos para o interior da fruta ou hortaliça, embora seja prevenido por barreira física natural, o processamento mínimo (descascamento, corte) altera tal situação. A alta atividade de água (a_w) nas frutas e hortaliças proporciona o crescimento de muitas bactérias, fungos, e leveduras, sendo exceção em frutas ácidas, onde as bactérias são inibidas (ALZAMORA *et al.*, 2000).

O conhecimento de efeitos combinados de fatores de conservação usados em frutas e hortaliças sobre o crescimento e sobrevivência de certos microrganismos e que podem colocar em risco a qualidade e segurança de frutas e hortaliças processadas minimamente é o grande interesse na aplicação deste conceito de barreiras (LEISTNER, 2000).

2.2.1 Temperatura

As hortaliças processadas minimamente são organismos vivos, cujas reações bioquímicas, são reguladas pela ação catalítica de moléculas protéicas enzimáticas. Estas mudanças bioquímicas são consequência do efeito do calor, estando relacionada com a lei de Arrhenius, onde a relação entre o log do consumo de O_2 versus o inverso da temperatura é linear (SIGRIST, 1988).

A respiração é um processo oxidativo de carboidratos, lipídeos, ácidos orgânicos que termina com a produção de CO₂, água e calor. Assim, taxas respiratórias maiores podem proporcionar um maior risco de fermentação em produtos processados minimamente em embalagens com baixa permeabilidade ao O₂ (KATO-NOGUCHI & WATADA, 1997).

LIEW & PRANGE (1994) estudaram o efeito da aplicação de ozônio para o controle de duas principais moléstias pós-colheita de cenoura: *Botrytis cinerea* Pers. e *Sclerotinia sclerotiorum* de Bary considerando as seguintes temperaturas: 2°C, 8°C e 16°C. Comprovaram que reduzindo a temperatura de 16°C para 2°C, reduziu significativamente o crescimento de fungos e que a aplicação imediata de ozônio pode ser desnecessária se as cenouras são adequadamente colhidas, lavadas, pré-resfriadas e mantidas em câmara fria a temperatura apropriada (0-1°C).

Botulismo é originariamente um problema em alimentos enlatados de baixa acidez, mas também poderia conceitualmente ser um problema em hortaliças e frutas processadas minimamente, na medida que com aumento de pH, diminuição do nível de oxigênio (respiração anaeróbia) podem proporcionar condições de crescimento de *Clostridium botulinum* (DAZA *et al.*, 1996).

É reconhecido que alimentos conservados a 5°C restringem o crescimento de muitos patógenos dos alimentos. Entretanto, certos patógenos psicrotróficos (*Listeria monocytogenes*, *Yersinia enterocolitica*, *C. botulinum* types B e E, *Aeromonas hydrophyla*, *Escherichia coli*, etc.) são capazes de se multiplicar, embora lentamente em alimentos sob refrigeração (DAZA *et al.*, 1996).

Assim, a temperatura baixa não proporciona suficiente segurança para alimentos com alta umidade, como frutas e hortaliças minimamente processadas. Desta forma, os patógenos psicrotróficos podem eventualmente superá-la, indicando a necessidade de barreiras adicionais nos sistemas de conservação para completa segurança.

2.2.2 Transformações Bioquímicas

Segundo LAURILA *et al.* (1998), consumidores americanos estão aumentando o consumo de frutas e hortaliças prontas para consumo, mas com exigência de qualidade de produtos frescos e sem a adição de produtos químicos.

Entre os vários fatores que limitam a vida-de-prateleira das frutas e hortaliças, o escurecimento enzimático é geralmente uma das limitações mais importantes, devido ao seu grande impacto visual e desenvolvimento muito rápido (REYES, 1996; ARTÉS *et al.* 1998). O escurecimento enzimático ocorre na superfície onde a fruta ou hortaliça (principalmente as de coloração verde) é cortada, causando o contato entre a enzima polifenoloxidase (PPO) com compostos fenólicos na presença de oxigênio (KING & BOLIN, 1989; LAURILA *et al.* 1998). A PPO corresponde a um termo genérico empregado para um grupo de enzimas que pela suas ações causam a conversão de compostos fenólicos para substâncias com coloração marrom ou preta chamadas de melaninas.

Os compostos fenólicos são primeiramente convertidos para compostos secundários chamados de quinonas sendo possível reverter a reação neste estágio. No entanto, caso a reação se desenvolva, as quinonas envolvem-se em uma série de reações químicas e formam pigmentos da cor marrom. As principais opções para limitar a produção de quinonas são a redução do substrato utilizado (oxigênio e compostos fenólicos específicos) e a inibição da atividade enzimática. Uma vez formadas, as quinonas podem ser convertidas novamente para compostos fenólicos ou serem impedidas de participarem de outras reações (O'BEIRNE, 2001).

A estratégia mais eficiente é o uso de sulfitos, associada a uma combinação de tratamentos. Sulfitos têm múltiplos efeitos inibitórios sobre o escurecimento enzimático os quais são difíceis de explicar. Podem inibir irreversivelmente a PPO, interagir com reações químicas intermediárias e converter as quinonas novamente para compostos fenólicos. A redução ou a eliminação do oxigênio na atmosfera em volta da hortaliça minimamente processada, por meio de atmosfera passiva ou ativa é um dos tratamentos associados na aplicação de sulfitos (O'BEIRNE, 2001).

Os sulfitos mais empregados para hortaliças processadas minimamente são bissulfitos de sódio e potássio e metabissulfitos. Sulfitos são mais eficazes como inibidores de PPO e como agentes antimicrobianos em condições ácidas (pH 3-5) e para condições alcalinas (pH 5-8) como cogumelos, bananas, batatas, alface e cenoura, o sulfito tem a tendência de acelerar a deterioração por bactérias. Tal fato ocorre devido ao fato de afetar a parede celular ou a integridade da membrana, a qual pode estimular o crescimento de certas deteriorações por bactérias (DUNCAN, 1999).

Há também vários aspectos negativos associados ao emprego de sulfitos, que podem induzir reações alérgicas ou até choque anafilático em pessoas com problema asmático. Conseqüentemente, efeitos adversos à saúde do consumo de sulfitos, têm resultado em regulamentos com restrições maiores e uma menor aceitação por parte dos consumidores (AHVENAINEN, 1996). Segundo SON *et al.* (2001), devido à proibição do governo do uso de sulfitos para frutas e hortaliças frescas (FOOD AND DRUG ADMINISTRATION, 1987), estudos tem sido constantemente realizados na descoberta de alternativas.

Assim, o desenvolvimento de formulações com propriedades químicas de não-sulfitos foram desenvolvidos e são comercialmente utilizados hoje, embora, mais pesquisas precisam ser realizadas para otimizar formulações e condições de aplicação, para cada hortaliça ou fruta fresca minimamente processada (LAURILA *et al.* 1998).

A aplicação de substâncias químicas de não-sulfitos é fundamentada na PPO possuir cobre como parte essencial de sua estrutura, permitindo que possa ser inibida pelo uso de quelatos tais como ácido cítrico, polifosfatos ou ácido oxálico. As quinonas podem ser convertidas para fenóis pela ação de agentes redutores tais como ácido ascórbico. Tal processo ocorre naturalmente nas plantas com a superfície cortada, desta maneira, o ácido ascórbico tem sido utilizado em vários tratamentos antiescurecimento.

A imersão em não-sulfitos deve ser feita tão logo o produto tenha sido submetido aos processos de descascamento e corte, no caso de certas cultivares de batatas e maçãs, a descoloração é visível, decorrido minutos do processamento (Lakakul *et al.*,1999, citado em BEAUDRY, 1999). Apesar da formulação química dos não-sulfitos, deve ser considerado que variáveis como concentração da solução, tempo e temperatura da solução para imersão precisam ser otimizados para cada hortaliça fresca processada minimamente (DAY, 2001).

Fatores que provavelmente influenciam a extensão do escurecimento enzimático incluem os níveis de PPO, a quantidade e os tipos de compostos fenólicos, temperatura de conservação, níveis de oxigênio e outros gases presentes, quantidade de agente redutor natural, quantidades e tipos de quelatos, quinonas associadas e o pH do tecido vegetal. Estes por sua vez são afetados pelo produto de origem e severidade do processamento (LAURILA *et al.* 1998; GUNES & LEE, 1997).

NICOLI *et al.* (1994) pesquisaram o efeito do escurecimento enzimático em maçãs fatiadas imersas em etanol ou solução de cisteína, embaladas com filmes de baixa

permeabilidade sob atmosfera modificada passiva e ativa sendo aplicado mistura de ar ou nitrogênio/dióxido de carbono (80:20 v/v). Concluíram que o escurecimento enzimático pode ser inibido durante a estocagem pela aplicação de embalagem com atmosfera modificada. O tratamento com a imersão em etanol associado à embalagem com AM diminuiu o escurecimento, mesmo após a retirada do produto da embalagem. SON *et al.* (2001) pesquisaram o efeito inibitório de vários agentes antiescurecimento sobre maçãs fatiadas. Analisaram os cinco principais grupos de compostos químicos, concluindo que o escurecimento em maçãs pode ser evitado pela combinação de 1% de ácido ascórbico ou cítrico com menos de 0,02% de ácido oxálico fazendo a imersão nesta solução. Afirmaram que o ácido oxálico tem um forte potencial para aplicações práticas se a concentração for adequadamente controlada, considerando ainda o efeito sinérgico que apresentou com ácido ascórbico ou ácido eritórbico.

Segundo DAY (2001), trabalhos com aplicação de elevadas atmosferas de oxigênio no interior de embalagens com vegetais processados minimamente confirmaram sua eficiência na inibição do escurecimento enzimático e evitaram as reações da fermentação anaeróbica. Observou que altas concentrações de O₂ e altas concentrações de ar aplicadas em cenouras fatiadas sob atmosfera modificada ativa, conservadas a 3°C e a 8°C não afetou a permeabilidade celular, a exudação dos tecidos, a atividade da lipoxigenase ou o pH do tecido. Verificou também que a atividade da PPO em cogumelo foi totalmente inibida sob condições anaeróbicas de 100% N₂ e 100% de ar.

SAPERS (1993) afirmou também que é possível inibir a atividade de PPO em cogumelos como também em outros produtos pela mistura de 20% de CO₂ com alta concentração de O₂ em atmosfera ativa modificada. BEAUDRY (1999) relatou que uma aplicação interessante de atmosferas extremas é na prevenção de escurecimento em alfaces cortados em saladas prontas para consumo e embaladas em atmosfera modificada com altos teores de oxigênio. TIAN *et al.* (2002) trabalharam com aplicação de atmosferas em lichia produzidas na China, nas cultivares Chuliang e Shixia, comparando atmosferas com 70kPa O₂ + balanço N₂; 15-19kPa O₂ + 2-4kPa CO₂; 4kPa O₂ + 5kPa CO₂; 4kPa O₂ + 15kPa CO₂; 15-19kPa O₂ + 2-4kPa CO₂ embaladas em sacos de polietileno. Constataram que altas taxas de CO₂ foram mais eficientes no controle da deterioração como também afirmaram que altas taxas de O₂ mantiveram a cor verde da casca especialmente após 20 dias de estocagem.

A alta concentração de O₂ vem a ser uma alternativa muito interessante para o controle do escurecimento enzimático de frutas e hortaliças, atendendo a exigência de muitos consumidores por produtos livres de aditivos químicos. Tal fato é fundamentado na inibição causada do substrato de PPO ou alternativamente por altos níveis de O₂.

2.2.3 Atmosfera Modificada

O manuseio pós-colheita deve garantir a manutenção da saúde da hortaliça, a qual fortalece o combate à infecção e a deterioração. Os produtos processados minimamente devido ao aumento de danos superficiais causados pelo corte e a conseqüente disponibilidade do nutriente celular proporcionam condições favoráveis ao crescimento microbiano (ZAGORY, 1999).

Também, o aumento de manuseio durante o processamento, favorece a contaminações por patógenos humanos tais como: *Listeria*, *E. coli*, *Yersinia*, *Salmonella* spp. Apesar de ser realizado a sanitização do produto que envolve a lavagem com água, sendo usual a adição de produtos químicos a fim de evitar a contaminação de microrganismos pela própria água de lavagem como também diminuir a carga microbiológica infectada no produto durante o desenvolvimento na planta, não é possível a completa eliminação de todos os microrganismos de deterioração infectados no produto (BRACKETT, 1999). Desta maneira, a possibilidade de ocorrer um crescimento rápido destes microrganismos vai depender da presença de condições que proporcionem seu desenvolvimento (ZAGORY, 1999).

Para se conseguir uma condição de higiene adequada do produto minimamente processado é fundamental o envolvimento do produto com uma embalagem fechada. No entanto, as frutas e hortaliças processadas minimamente, tendem a modificar a atmosfera do interior da embalagem, uma vez que continuam realizando normalmente seu metabolismo. A concentração de O₂ no espaço livre da embalagem tende a decrescer e a concentração de CO₂ se eleva (KAKIOMENOU et al., 1996; AMANATIDOU et al., 2000). Desta maneira, uma atmosfera modificada é criada passivamente no interior da embalagem, onde se estabelece uma atmosfera de equilíbrio, em função de um estado de equilíbrio entre a difusão de gases através da embalagem e a respiração das hortaliças. Assim, esta atmosfera modificada,

também pode proporcionar esta condição imprópria para a evolução destes fungos, presentes desde o desenvolvimento na planta.

A técnica de atmosfera modificada atua como um complemento ao emprego da refrigeração, uma vez que, os dois fatores influenciam diretamente o metabolismo do produto. O₂ e CO₂ são moléculas biologicamente ativas que para níveis baixos de O₂ e altos de CO₂, a taxa de respiração de muitas hortaliças pode diminuir e sua qualidade se conservar por mais tempo (SILVA et al., 1999).

A diminuição do O₂ e a elevação do CO₂ exercem efeitos independentes e, em muitos casos, sinérgicos sobre a respiração e sobre outros processos metabólicos (CAMERON et al., 1995). A velocidade da respiração se reduz com baixos teores de O₂ e certas concentrações de CO₂ (KATO-NOGUSHI & WATADA, 1996 e 1997). Baixos teores de O₂ reduzem a produção de etileno nos tecidos vegetais. Altos teores de CO₂ inibem tanto a síntese como a ação de etileno, acelerador de maturação e causador de injúrias fisiológicas (KING et al., 1989; LAFUENTE et al., 1996).

Entretanto, concentrações muito baixas de O₂ e/ou muito altas de CO₂ ou uma relação CO₂/O₂ muito alta pode levar à respiração anaeróbia e a desordens fisiológicas, a exemplo de: amadurecimento irregular, desenvolvimento de sabor/odor estranho e aumento da susceptibilidade à deterioração. O desenvolvimento de sabor estranho ocorre em consequência da respiração anaeróbia que provoca um acúmulo de etanol, acetaldeído e certos ácidos orgânicos. Geralmente isto ocorre em teores de O₂ abaixo de 2% e teores de CO₂ acima de 20%. Nas embalagens de hortaliças a anaerobiose, além de estar associada a injúrias fisiológicas, é indesejável, pois cria um risco de crescimento de microrganismos patogênicos anaeróbios, como o *C. botulinum* (LAFUENTE et al., 1996).

A ocorrência da condensação de água na superfície interna da embalagem é um outro processo de grande risco durante a comercialização, podendo levar à deterioração e reduzindo a visibilidade atrativa do produto no interior da embalagem. Esta condensação resulta em uma fina camada de água na superfície do produto e no filme da embalagem, a qual dificulta a difusão dos gases e facilita a invasão de patógenos. Este problema é especialmente crítico em hortaliças minimamente processadas, em função de possuírem grande superfície danificada e sem a proteção da casca (BEN-YEHOSHUA et al., 2001).

A preocupação com a segurança e a manutenção da qualidade dos produtos minimamente processados, associado ao desenvolvimento de filmes plásticos e equipamentos de embalagem, tem levado ao desenvolvimento de tecnologias associadas à aplicação de altos teores de O₂ e CO₂.

JACXSENS et al. (2001), através de pesquisa com cogumelos mantidos sob altos teores de O₂ (70, 80 e 95 kPa), verificaram a conservação da aparência de frescos após 7 dias a 4°C, enquanto sob atmosfera com baixo teor de O₂ (3 kPa), estavam com um odor e sabor inaceitável após 6 dias. Também constataram que a vida de prateleira para aipo, cogumelo e chicória foi no mínimo o dobro quando os produtos foram embalados com altos teores de O₂ comparado à embalagem com baixo teor de O₂.

AMANATIDOU et al. (1999) estudaram o efeito de elevados níveis de O₂ e CO₂ sobre a superfície de crescimento de vários microrganismos de deterioração associados a hortaliças e incluindo alguns patógenos humanos. Comprovaram que a taxa de CO₂ em concentrações de 10-20 kPa foi eficaz na redução de crescimento de *Pseudomonas fluorescens* e *S. enteritidis*. Concluíram que a sinergia entre o O₂ associado a CO₂ teve um efeito inibitório muito maior sobre o crescimento de todos os microrganismos.

STEEN et al. (2002) desenvolveram experimentos em morango e framboesas em atmosferas com altos teores de O₂ verificando que os altos teores de O₂ tiveram um efeito benéfico no controle do desenvolvimento microbiológico, uma vez que inibiu o desenvolvimento de bolores. Comparado com os produtos mantidos em condições ambientes normais ou de baixa concentração de O₂, o morango e a framboesa tiveram uma curta vida-de-prateleira em virtude do crescimento de bolores e *Botrytis*. BEAUDRY (1999) afirma que uma alta pressão de CO₂ (10-20 kPa) pode ser capaz de retardar o crescimento de fungos e a germinação de esporos, sendo assim possível aumentar o tempo de estocagem de vários produtos.

LU & TOIVONEM (2000) verificaram que maçãs inteiras da variedade Spartan submetidas a atmosferas de oxigênio com 100 kPa acima de 12 dias a 1°C, antes de serem fatiadas, resultou em menor taxa de respiração, escurecimento e amolecimento comparada com as maçãs fatiadas que ficaram armazenadas a 1°C durante 2 semanas sob ar ambiente. A alta concentração de O₂ também pode afetar a síntese e o acúmulo de alguns compostos

voláteis associados com o metabolismo respiratório, incluindo substâncias resultantes da fermentação como acetaldeído, etanol, acetato etil (HUXSOLL & BOLIN, 1989).

Trabalhos não publicados relatados por Ben-Yehoshua *et al.* (1999), citado em KADER & BEN-YEHOSHUA (2000), confirmam que *grapefruit* expostas a 80kPa de O₂ com ou sem adição de 15kPa de CO₂ resultou em menor concentração de acetato-etil conservadas a 5°C ou 15°C durante 2 semanas do que aquelas expostas a 15kPa de CO₂ combinado com ar. Observaram que altas concentrações de O₂ podem reduzir os efeitos negativos de altas concentrações de CO₂ e, assim, permitir seu uso para o controle de deterioração.

A eficiência de que alto teor de O₂ controla o crescimento de *Penicillium* em frutos de citros, foi relatado por DAY (2001), onde laranjas infectadas pelo fungo *Penicillium digitatum* tiveram seu desenvolvimento inibido com mistura de altos teores de O₂ e CO₂. Os experimentos compreenderam a aplicação de altas taxas de O₂ e CO₂ comparando com baixas taxas de O₂ e ar. Os resultados foram similares aos encontrados na inibição do crescimento de fungos sobre uvas de mesa armazenadas em atmosferas semelhantes.

Segundo DAY (2001), pesquisas realizadas no Instituto de Campden sobre a cinética de crescimento de vários microrganismos de deterioração e de bactérias patogênicas em um sistema de fermentação a 8°C, 20°C e 25°C comprovaram que misturas com altos teores de O₂ e CO₂ inibiram o crescimento de *Aeromonas hydrophila*, *Pseudomonas fragi*, *Yersinia enterocolitica* e *Listeria monocytogenes*. Análises microbiológicas conduzidas também em melão, framboesa e morango mostraram que altas pressões de O₂ (i.é. 70kPa, 80kPa, e 100kPa) foram capazes de inibir a proliferação de certos grupos genéricos de microrganismos. Estes grupos incluíam os aeróbios totais (TVC), os anaeróbios totais, fungos, leveduras, espécies de *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae* e coliformes. Gonzalez & Day (1998), citado em DAY (2001), afirmaram que o emprego da pressão de 99 kPa O₂ sozinho não evitou o crescimento de alguns dos seguintes microrganismos: *Pseudomonas fragi*, *Aeromonas hydrophila*, *Y. enterocolitica*, e *L. monocytogenes*. No entanto, a combinação de uma atmosfera inicial com altos teores de O₂ e de CO₂ foi mais efetiva na inibição do crescimento de todos os microrganismos testados a 8°C.

Segundo DAY (2001), a descoberta de que alta concentração de O₂ aplicada em frutas e hortaliças é capaz de inibir o crescimento microbiológico aeróbico e anaeróbico pode ser explicado pelo gráfico de aeróbios e anaeróbios (Figura 1). Por definição, microrganismos

anaeróbios crescem sob níveis baixos de O_2 , sendo assim inibidos sob altas concentrações de O_2 . Em contraste, as condições mais adequadas para o crescimento de aeróbios ocorrem em atmosferas de O_2 em torno de 21%. Desta forma, sob reduzido ou elevado nível de O_2 , haveria inibição do crescimento de microrganismos aeróbios. Sob alta concentração de O_2 , em um sistema de controle atmosférico, existe a hipótese de que as espécies de oxigênio reativo danificam as macromoléculas celulares vitais e, conseqüentemente, inibam o crescimento microbiológico, quando o estresse oxidativo sobrepuja os sistemas de proteção celular antioxidante. Afirma a importância de se considerar as diferentes sensibilidades dos microrganismos à determinadas pressões parciais de altos teores de O_2 e CO_2 , a fim de se obter a inibição do crescimento microbiológico.

KADER & BEN-YEHOSHUA (2000) em trabalho de revisão sobre a influência de altas concentrações de oxigênio, afirmam que altas concentrações de oxigênio (maiores que 21 kPa) podem influenciar a fisiologia pós-colheita e a conservação da qualidade de frutas e hortaliças frescas, diretamente ou indiretamente, alterando a taxa de produção de CO_2 e etileno. A sensibilidade aos efeitos do nível alto de O_2 pode estimular, não ter efeito, ou reduzir taxas de respiração, dependendo do produto, do estágio de desenvolvimento, do tempo e temperatura de armazenamento e das concentrações de O_2 , CO_2 e etileno. Alta concentração de oxigênio em volta e dentro do produto resulta em níveis maiores de radicais livres que podem ou não danificar os tecidos das plantas.

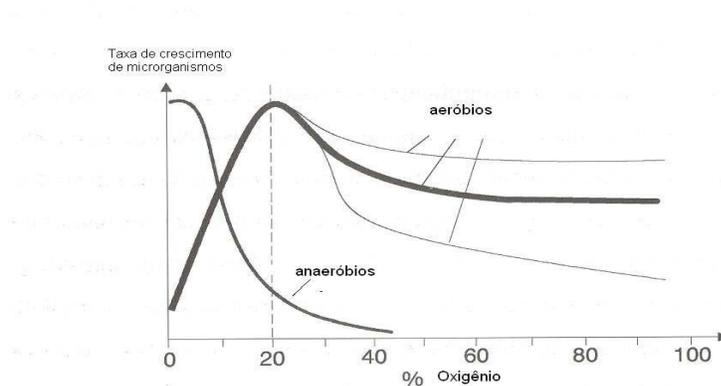


Figura 1- Hipótese da inibição do crescimento microbiológico sob alta concentração de O_2 em atmosfera modificada (DAY, 2001).

KADER & BEN-YEHOSHUA (2000) também afirmam que microrganismos diferentes variam enormemente a sua sensibilidade à pressão parcial de oxigênio. Com relação aos microrganismos anaeróbios obrigatórios, a toxicidade do O₂ pode estar associada com a formação de peróxido de hidrogênio, o qual não pode ser removido na ausência de catálise. No caso de alguns anaeróbios, o O₂ pode atuar na inibição do seu crescimento por meio da auto-oxidação de citocromos. Também, entre os muitos fatores que podem ajudar a explicar a toxicidade da alta pressão do O₂ estão os efeitos desfavoráveis sobre o potencial de óxido-redução do sistema. Uma das principais explicações para a toxicidade do O₂ pode ser a formação de radicais super-oxidativos (O²⁻), os quais são destrutivos para alguns componentes do metabolismo celular.

Farber (1991), citado por VANETTI (2000), afirma que existem diversas teorias do modo de atuação do CO₂ sobre as bactérias: alterações da membrana microbiana; inibição direta ou decréscimo da velocidade de reações enzimáticas; penetração na membrana celular e subsequente alteração no pH intracelular e alterações nas propriedades físico-químicas das proteínas. Alguns estudos mostraram que a eficiência do CO₂ contra o desenvolvimento de microrganismos é maior com o aumento de sua concentração. No entanto, é necessário considerar os limites de tolerância a altas concentrações de CO₂ que produtos hortícolas podem suportar, podendo aumentar a respiração anaeróbia e o consequente desenvolvimento de odores estranhos, por meio do acúmulo de etanol e acetaldeído. No entanto, as atmosferas com altos teores de CO₂ associado a altos teores de O₂ podem evitar estes problemas citados acima (KADER & BEN-YEHOSHUA, 2000).

Segundo MATHOOKO (1996), uma das principais consequências de altos teores de CO₂ em produtos hortícolas frescos é o seu efeito na redução da taxa de respiração. Este efeito do CO₂ pode ser tanto de estimulador como de inibidor da respiração, dependendo de sua concentração, da concentração de O₂, do tempo de exposição, da cultivar e da temperatura durante e subsequente à exposição do CO₂. Considera-se que a diferente sensibilidade de vários produtos pode estar relacionada aos níveis internos de CO₂ diferentes, os quais ocorrem devido à taxa de respiração, características da casca e volume interno de gás ou, também, por causa de reações enzimáticas e das diferenças em sua estrutura anatômica.

VAROQUAUX *et al.* (2001) afirmaram que cenoura e repolho ralados deterioram-se rapidamente quando mantidos sob alta concentração de CO₂ (acima de 30kPa) e baixa

concentração de O₂. Foi constatado que a deterioração destes produtos foi mais influenciada pela diminuição do oxigênio que pelo aumento do gás carbônico. Esta condição de atmosfera resultou em desordem fisiológica e transpiração do tecido da cenoura, proporcionando a liberação de suco celular para o crescimento de microrganismos, principalmente bactérias de ácido lático.

Trabalhos bioquímicos do efeito de elevados teores de CO₂ na respiração de frutas e hortaliças tem mostrado que o CO₂ inibe várias enzimas do ciclo do ácido tri-carboxílico (um dos modelos de metabolismo da respiração aeróbica) particularmente a SDH (dehidrogenase succinate). No entanto, segundo KAYS (1991), a ação completa do CO₂ nas alterações do metabolismo de respiração é complexa.

Experimentos realizados por GUNES *et al.* (2001), em maçãs fatiadas com altos teores de CO₂, comprovaram a inibição da taxa respiratória através da aplicação de altos teores de CO₂. Observaram que a respiração diminuiu quando a concentração de CO₂ aumentou (0 - 30kPa) em cada nível de O₂ testado (0 - 10kPa). Em sua revisão sobre a ação do CO₂ em frutas, MATHOOKO (1996) relatou a influência sobre o pH celular, como outra hipótese que tem sido utilizada para explicar a influência de elevados níveis de CO₂, sobre a inibição do metabolismo da respiração de frutas e hortaliças. Considera que sob elevados níveis de CO₂, o pH de frutas e hortaliças poderia diminuir (através da dissociação de ácido carbônico para bicarbonato e íons de hidrogênio) para um nível, o qual as funções fisiológicas normais não poderiam ser mantidas. Considera de maneira geral, que as alterações do pH, as quais podem ser mediadas pelo dióxido de carbono, podem ter uma influência importante sobre várias enzimas e intervir nos vários modelos de metabolismo, através do ajuste de sua síntese e impedimento de sua ação.

Segundo Mitz (1979), citado em MATHOOKO (1996), o CO₂ pode ter efeitos diretos sobre as atividades do metabolismo, distintas das mediadas pela alteração de pH. Desta maneira, uma alteração da concentração de CO₂ limitada a certa região do interior da célula, pode acentuadamente, influenciar o metabolismo da célula através de alterações dinâmicas de seus constituintes. BEAUDRY *et al.* (1999) afirmaram que pressões parciais altas de CO₂ são capazes de retardar o crescimento de fungos e a germinação de esporos, sendo este efeito aplicado na prática para a conservação de frutas como amoras, framboesas, morangos e cerejas durante o transporte marítimo nos Estados Unidos.

2.3 Delineamento da Mistura de Gases

O planejamento de mistura é definido como a medida da resposta dependente das proporções de seus componentes, o que leva a concluir que a resposta é uma função da composição da mistura (BARROS NETO *et al.*, 2001). Assim, para uma mistura, a soma de seus “q” componentes é dada por:

$$\sum_{i=1}^q X_i = 1 \quad (1)$$

onde:

X_i é a proporção do i -ésimo componente numa escala em que 100% corresponde à unidade.

No caso de um sistema com 3 componentes, a equação-1 torna-se $X_1 + X_2 + X_3 = 1$. Esta equação corresponde geometricamente a um plano de um triângulo equilátero inscrito em um cubo. As diferentes composições possíveis são representadas pelos pontos pertencentes ao triângulo. Os vértices do triângulo equilátero correspondem aos componentes puros e os lados às misturas binárias, enquanto que, os pontos situados no interior do triângulo representam as possíveis misturas dos 3 componentes. Assim, os chamados planejamentos axiais consistem de misturas completas ou combinação de q-componentes, onde a maioria dos pontos posiciona-se dentro do triângulo. Planejamentos axiais são recomendados para uso quando são medidos os efeitos dos componentes (BARROS NETO *et al.*, 2001).

2.3.1 Análise Estatística do Modelo

Resultados experimentais podem ser ajustados a um modelo de regressão desenvolvido por meio de parâmetros estatísticos. Esta relação, entre as respostas observadas e os valores previstos pelo modelo ajustado é denominado de Coeficiente de Correlação (R^2). Portanto, ele mede a percentagem de variação explicada pela regressão, sendo definido como:

$$R^2 = \text{SQR} / \text{SQT} \quad (2)$$

onde:

SQR - soma quadrática devida à regressão;

SQT – soma quadrática total.

Assim, quanto maior o valor de R^2 , melhor o modelo se ajusta aos valores experimentais.

2.3.2 Análise de Resíduos

O gráfico de resíduos versus valores preditos, a partir do modelo que melhor se ajustou aos valores experimentais, deve ser analisado observando-se a aleatoriedade dos pontos em relação à reta que divide em duas partes o gráfico. Desta forma, tem-se uma confirmação de que realmente o modelo matemático pode ser utilizado para análise do efeito dos componentes da mistura, dentro da região experimental estudada (BARROS NETO *et al.*, 2001).

2.4 Processamento Mínimo

2.4.1 Sanitização

Produtos frescos são veículos potenciais para transmissão de doenças aos seres humanos (BETTS, 2001). A contaminação das frutas e hortaliças minimamente processadas pode ocorrer desde a produção seguindo as etapas de manuseio pós-colheita, que inclui a própria colheita, processamento, embalagem e distribuição aos centros de consumo. A prevenção da contaminação é provavelmente o método mais efetivo de garantir a segurança do produto. No entanto, nem sempre é possível em virtude de que frutas e hortaliças geralmente crescem junto ou debaixo do solo, o qual pode conter muitos microrganismos deteriorantes como também patogênicos (BRACKETT, 1999).

Há vários grupos de microrganismos de deterioração, compostos de bactérias e fungos, envolvidos na deterioração ou contaminação de hortaliças ou frutas frescas. Embora viroses (*e.g.*, *Hepatitis*) e parasitas (*e.g.*, *Giardia*) também possam ser preocupantes (CANTWELL & SUSLOW, 2003).

Os produtos minimamente processados oferecem condições muito favoráveis para o crescimento microbiano, devido à liberação de nutrientes celulares causados pelo fatiamento e descascamento. Deve-se ressaltar, também, o aumento no manuseio durante a preparação destes produtos prontos para consumo, o qual gera maiores oportunidades para contaminação por patógenos humanos, tais como *E. coli*, *Listeria*, *Yersinia*, e *Salmonella* spp (NGUYEN-THE & CARLIN, 1994). A presença de *S. Aureus* em alto número é uma indicação do perigo potencial à saúde pública devido a enterotoxina estafilocócica. Um número elevado deste microrganismo representa uma sanificação questionável, principalmente se o processamento envolve manipulação dos alimentos. O homem é o maior portador de estafilococos, podendo contaminar pela vias respiratórias, pele, etc. (SILVEIRA, 2003).

Há várias preocupações relativas aos microrganismos, em produtos prontos para consumo ou minimamente processados: geralmente são consumidos crus, sem o uso de processo térmico para o controle de microrganismos; pode ocorrer elevação da temperatura na distribuição e nos pontos de venda, proporcionando condições anaeróbicas no interior da embalagem, facilitando a multiplicação de bactérias anaeróbicas (*C. botulinum*, *C. perfringens*) que são microrganismos patogênicos altamente perigosos à saúde pública (SILVEIRA, 2003).

Assim, a aplicação de boas práticas de produção (BPP), associado à análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC) constituem-se de instrumentos para assegurar um produto processado minimamente seguro, quanto à presença de patógenos.

2.4.2 Operações Unitárias

2.4.2.1 Recepção

A primeira operação ao receber o produto do campo é o controle de qualidade, necessário para se determinar um padrão de qualidade. O principal critério é a aparência de frescor do produto, ausência de insetos, de distúrbios causados por microrganismos, danos fisiológicos, danos mecânicos causados no manuseio desde a colheita até o transporte e a unidade de beneficiamento. A recepção deve ser em local apropriado, limpo, fresco, sombreado. De preferência deve-se diminuir a temperatura do produto o mais breve possível,

com água fria, principalmente quando se trata de hortaliças de folhas, a fim de recuperara a sua turgescência (VAROQUAUX, 2001).

2.4.2.2 Seleção

A eliminação inicial de partes do produto que se encontram danificadas, como por exemplo, as partes mais externas de hortaliças de folhas estragadas, folhas velhas do produto, como por exemplo, talos, raízes, tubérculos, inflorescências (VAROQUAUX, 2001).

Esta operação, muitas vezes corresponde à eliminação de 20% a 70% do peso do produto destinado ao processamento mínimo. Estas partes eliminadas devem ser colocadas em áreas externas específicas, distantes do ambiente de processamento. É muito importante nesta operação manter uma condição de higiene adequada no manuseio e no armazenamento do produto, a fim de se obter um produto de alta qualidade para ser processado (DAY, 2001; VAROQUAUX, 2001).

2.4.2.3 Lavagem Inicial e Descascamento

Nesta etapa a matéria-prima deve ser lavada com água limpa e de boa qualidade, aproveitando-se para fazer o resfriamento rápido do produto além de retirar as impurezas e outros microrganismos aderidos à superfície do produto. Deve ser realizada em tanques com água corrente, ou em água com detergente próprio para alimentos. No caso de se utilizar detergente, deve-se fazer um enxágüe com água corrente para retirar o excesso de detergente. Hortaliças de raízes, como cenouras, são descascadas a fim de remover sua parte externa antes de serem cortadas em pedaços. Estes produtos devem ser previamente lavados com água potável e/ou sanitizados antes de serem submetidos a qualquer um destes processos (AHVENAINEN, 2000).

O método de descascamento é um dos itens mais importantes que afetam a qualidade final do produto processado. Este processo pode ser realizado por meio mecânico em hortaliças de raízes, através do atrito em tambores rotativos. Mas, a fim de minimizar os danos na estrutura celular do produto, este descascamento deve ser feito com o maior cuidado possível. Desta forma, o descascamento manual com lâminas bem afiadas tem se mostrado o

método que causa menor dano, no entanto, é incompatível para o processamento de grandes volumes (DAY, 2001).

Esta fase consiste também do corte das extremidades, como em hortaliças de raízes, para uniformizar a coloração e tamanho. Normalmente, esta operação é realizada manualmente, devendo-se utilizar mesas de aço inoxidável devidamente limpas e higienizadas. Os ferimentos nos tecidos do produto nesta operação, causa à liberação de enzimas e substratos, que estão em diferentes compartimentos celulares. Esta destruição das microestruturas celulares pode conduzir a processos bioquímicos de deterioração da textura, sabores estranhos e escurecimento (VAROQUAUX, 2001).

Este escurecimento é muito característico de hortaliças verdes que possuem polifenoloxidase e compostos fenólicos, sendo o principal problema para o processamento mínimo destas hortaliças. Uma maneira de reduzir este problema é através do uso de lâminas bem afiadas, no entanto, o intervalo entre o corte e a lavagem é um fator muito importante a ser considerado. Uma forma de prevenir este escurecimento é realizar o corte sob aspersão de água, a qual elimina imediatamente o suco celular liberado no corte. Uma outra maneira seria a imersão imediata do produto cortado no ar em água, antes da lavagem, evitando a difusão destas substâncias para camadas mais internas do tecido (VAROQUAUX, 2001).

É importante, durante esta fase de manipulação do produto, o uso pelos funcionários de protetores, máscaras, luvas e gorros, assim como, uma sanitização adequada dos equipamentos com cloro.

2.4.2.4 Corte

Este processo também causa danos aos tecidos do produto que podem ser minimizados através de lâminas bem afiadas. O corte em pedaços que pode variar de 0,02 a 3 cm é geralmente, realizado através de lâminas de aço inox com sentido de rotação perpendicular ao de fluxo do produto. Também, a lavagem de hortaliças verdes imediatamente após o corte é essencial para prevenir o escurecimento. Os equipamentos devem ser adequadamente limpos e higienizados em intervalos regulares, evitando o acúmulo de resíduos orgânicos (VAROQUAUX, 2001).

2.4.2.5 Enxagüe

O enxagüe tem a função de eliminar o suco celular liberado após o corte, o qual favorece o desenvolvimento de microrganismos e, principalmente, a incidência de escurecimento em hortaliças verdes. Esta operação tem a função de se evitar o depósito de suco celular na água de lavagem final. Nas linhas de processamento mínimo de frutas e hortaliças é comum a realização da sanitização a base de cloro. Como ocorre uma reação do cloro com o suco celular, imediatamente parte do cloro é consumido. Assim, em soluções com cloro, a presença de grande quantidade de matéria orgânica, pode resultar em menor eficiência de desinfecção, uma vez que, terá disponível menos cloro livre para eliminação de microrganismos (AHVENAINEN, 2000).

2.4.2.6 Lavagem e Sanitização

A lavagem de hortaliças processadas minimamente é um passo crítico no processamento, que causa um grande impacto na segurança do produto e na vida de prateleira. Geralmente envolve a imersão do produto em água fria com sanitizante. O sanitizante mais empregado para hortaliças processadas minimamente é o cloro, em função de seu preço, sendo eficiente se usado corretamente (BETTS, 2001).

Os compostos de cloro mais usados em tanques de imersão ou através de aspersão de água, incluem o hipoclorito de sódio e o hipoclorito de cálcio. O termo cloro livre refere-se ao elemento cloro (Cl_2), ácido hipocloroso (HOCl) e íon hipoclorito (OCl^-). Em solução aquosa, o ácido hipocloroso (HOCl), isto é, o “cloro livre” é formado, tendo o efeito microbicida (AHVENAINEN, 2000). A dissociação do HOCl é dependente do pH (sendo importante o monitoramento químico da água), o equilíbrio entre HOCl e OCl^- , é mantido mesmo quando o HOCl é constantemente consumido através de sua ação antimicrobiana (Beuchat, 1992, citado em SIMONS & SANGUANSRI, 1997). Assim, é crítico manter o pH entre 6,5 a 7,0 quando o cloro é utilizado como sanitizante. Desta forma, assegura-se uma ótima desinfecção sem causar a corrosão dos equipamentos.

Segundo BETTS (2001) e CANTWELL & SUSLOW (2003) o objetivo de adicionar cloro na água de lavagem é o de purificar a água, evitando-se que venha a contaminar o produto. Segundo estes autores, a mesma eficiência de sanitização proporcionada por soluções

com cloro a concentrações de $200 \mu\text{L L}^{-1}$, pode ser obtida através da lavagem dos produtos em água com turbulência. A letalidade do cloro é atribuída através de sua combinação com as proteínas da membrana celular.

Tem sido sugerido que concentrações entre $50 - 200 \mu\text{L L}^{-1}$ de cloro livre é necessário para destruir as células vegetativas de bactérias e fungos nas instalações comerciais de processamento de hortaliças. Entretanto, alguns processadores relataram que níveis superiores podem causar problemas de descoloração e odores estranhos no produto (Hurst & Schuler, 1992, citado em SIMONS & SANGUANSRI, 1997). Recomenda-se após a sanitização com cloro, que os produtos sejam imersos em água com menor concentração, a fim de diminuir a concentração de cloro equivalente à permitida em água potável. A eficiência do cloro pode ser melhorada pelo abaixamento do pH, pela alta temperatura, água pura e um período de contato mínimo, o qual, segundo Kabir (1994), citado em AHVENAINEN (1996), deve ser no mínimo de 12-13 s, para uma concentração de cloro de 70 mg L^{-1} . A quantidade de água recomendada para lavagem antes do descascamento ou corte é de $5-10 \text{ L kg}^{-1}$ de produto e 3 L kg^{-1} após o descascamento ou corte (AHVENAINEN, 1996). Segundo AHVENAINEN (1996), concentrações de 100-200 mg de cloro ativo é eficaz para a lavagem antes e após o descascamento e corte. A temperatura geralmente utilizada da água é de $2 - 5^\circ\text{C}$, a qual a solubilidade do cloro é menor.

As informações sobre a eficiência do cloro na diminuição da contagem de microrganismos em hortaliças e frutas processadas minimamente são contraditórias. Torriani & Massa (1994), citado em AHVENAINEN (1996), verificaram que 20 mg L^{-1} de cloro ativo resultaram em uma redução significativa de coliformes, porém, a quantidade de bactérias não foi influenciada. Trabalhos citados por AHVENAINEN (1996) relatam que a lavagem com $100 \mu\text{L L}^{-1}$ de cloro ativo e subsequente enxágue com água pura, melhoraram a qualidade sensorial de hortaliças processadas minimamente acima de 7-8 dias.

Para BETTS (2001), os sistemas em uso atualmente apresentam limitações, alcançando uma redução máxima de 2 ciclos log no nível total de microrganismos presentes no produto. Segundo VAROQUAUX (2001), a utilização de cloro em tanques de desinfecção na França é permitida em concentrações de até $120 \mu\text{L L}^{-1}$ através de lei de 1988 e de manuais de 1992, sendo proposto sua redução para até $80 \mu\text{L L}^{-1}$. No entanto, atualmente, o uso de cloro não é autorizado, mas somente tolerado pelos regulamentos da França para sanitização

de alimentos processados minimamente. Seu uso foi proibido em alguns países da Europa como Alemanha, Bélgica e Holanda. A tendência é a eliminação do cloro dos equipamentos utilizados no processo de desinfecção de frutas e hortaliças em virtude da formação de compostos cancerígenos (cloroaminas) decorrente de reações do cloro com a matéria orgânica, como também, formação de resíduos químicos liberados para o meio ambiente (VAROQUAUX, 2001).

Em função destes problemas tem-se pesquisados desinfetantes alternativos, como a aplicação de dióxido de cloro, ácidos orgânicos, ozônio, peróxido de hidrogênio (H₂O₂), técnicas de ultra-som e luz ultravioleta (VAROQUAUX, 2001).

2.4.2.7 Centrifugação

A excessiva água livre no interior das embalagens resulta em rápido crescimento de microrganismos de deterioração, principalmente quando formam um filme na camada superficial do produto. A centrifugação deve resultar em aproximadamente 1% de umidade residual comparada ao produto não processado (VAROQUAUX, 2001).

Os processos mais comuns utilizados para eliminação desta água excessiva são a centrifugação e a aplicação de túnel com ventilação forçada de ar. A centrifugação em alta rotação também pode danificar o produto, assim a rotação empregada deve ser analisada para cada produto. Túneis de secagem através da ventilação de ar forçado são comercialmente empregados em várias plantas da Europa e dos Estados Unidos. Estes túneis são compostos de uma mesa vibratória que transportam o produto através de um processo de secagem a ar. Este ar é filtrado para evitar a contaminação cruzada através de microrganismos presentes no próprio ar de secagem (VAROQUAUX, 2001).

2.4.2.8 Embalagem

A operação final do processamento mínimo de frutas e hortaliças é a embalagem. A sala de embalagem deve ser isolada da área destinada à lavagem e centrifugação, devendo ser higienizada e refrigerada a temperatura de 1 a 2°C, segundo VAROQUAUX (2001).

Hortaliças processadas minimamente apresentam sempre maior relação superfície/volume em função dos processos de corte. Assim, facilita ainda mais a perda de

água de seus tecidos. Exemplo típico é o caso de cenoura processada minimamente, onde a principal causa de sua rápida deterioração é a perda de turgidez, além do esbranquiçamento de sua superfície. Assim, é essencial também manter uma umidade relativa adequada no empacotamento (DAY, 2001). A umidade relativa é essencial para o desenvolvimento de mecanismos de defesa, uma vez que, as células ao manterem o turgor celular são capazes de sintetizar a lignina. No entanto, deve-se evitar que ocorra condensação de água na superfície da embalagem. Esta película de água formada pode dificultar a difusão de gases para o exterior da embalagem, além de proporcionar condições favoráveis ao crescimento de fitopatogênicos. Também pode ocasionar a exudação dos tecidos favorecendo a proliferação de microrganismos (BEN-YEHOSHUA *et al.*, 2001). CISNEROS-ZEVALLOS *et al.* (1995) estudaram o mecanismo de aparecimento da coloração branca em cenouras descascadas, conservadas a 2,5 e 10°C, com umidades relativas a 33, 75 e 98% e um sistema de embalagem com polietileno de baixa densidade. Concluíram que a taxa de descoloração superficial aumentou com a diminuição da UR. Quando uma excessiva umidade superficial foi mantida, decresceu sensivelmente a incidência da coloração branca.

O princípio básico da aplicação de uma embalagem em frutas e hortaliças é que uma atmosfera modificada pode ser criada, seja passivamente pelo uso apropriado de materiais de embalagem, ou ativamente pelo uso de uma mistura de gases específica (AHVENAINEN, 1996). O objetivo de ambos os princípios é criar um balanço de gás ótimo, onde a atividade respiratória de um produto seja a mais baixa possível, mas que os níveis de O₂ e CO₂ não sejam prejudiciais ao produto. Há um benefício específico da atmosfera para cada tipo de produto, a qual associada a um bom controle de temperatura pode preservar as qualidades de frescor do produto. Em geral, o objetivo é estabelecer uma composição da atmosfera interna de 2-5% O₂, 2-5% CO₂ e o restante de nitrogênio. No entanto, para se atingir este objetivo há muitas variáveis envolvidas, começando pela qualidade da matéria-prima processada associada a um período de vida útil de vários dias (DAY, 2001).

Como as reações bioquímicas são catalisadas por enzimas, as alterações bioquímicas sofridas pelas frutas e hortaliças são consequência do efeito da temperatura na atividade enzimática (Lei de Arrhenius). Caso ocorra uma falha, no controle desta temperatura, o O₂ consumido pode aumentar além da capacidade que o filme da embalagem pode fornecer, ocorrendo uma atmosfera anaeróbica e causando a deterioração do produto. Tal fato é

explicado em função da taxa respiratória do produto aumentar muito mais do que o correspondente aumento de permeabilidade do filme da embalagem a determinada temperatura (EXAMA *et al.*, 1993).

Como exemplo, temos cenouras e couve que se deterioram rapidamente com pressões parciais altas de CO₂ (acima de 30 kPa) e baixa de O₂. Segundo VAROQUAUX (2001) foi demonstrado que esta deterioração foi causada fundamentalmente pela diminuição do O₂ do que pelo aumento do CO₂. Uma alternativa seria o uso de embalagens micro-perfuradas com uma permeância de 15.0000 a 20.000 mL O₂, que comparativamente ao polipropileno orientado (OPP) 35 µm, reduziram a deterioração em cenouras. EXAMA *et al.* (1993) fundamentaram, em função da comparação do valor da Ea do produto e da embalagem, uma metodologia para a determinação do filme plástico mais adequado para evitar ambientes anaeróbicos no interior de embalagem com hortaliças minimamente processadas. Segundo os autores, esta forma de análise para estabelecer qual das embalagens é mais conveniente para um produto específico, proporcionando uma escolha inicial de filmes poliméricos, pode minimizar a necessidade de um número grande de testes experimentais. Recomendam que frutas ou hortaliças minimamente processadas sejam embaladas em filmes plásticos com Ea maior do que a dos produtos. A recomendação acima está relacionada ao problema de que as frutas e hortaliças MP e embaladas são geralmente expostas a variações de temperatura conforme as condições de logística as quais são submetidas (manuseio, armazenamento, transporte e venda). Tais variações na temperatura do ambiente, onde se encontra o produto, geram um problema na definição da embalagem com atmosfera modificada, devido à taxa de mudança da respiração ser diferente da correspondente alteração de permeabilidade dos filmes da embalagem. Tal fato dificulta manter uma atmosfera ótima dentro da embalagem quando a temperatura do meio não é constante. Sabe-se que a taxa respiratória de muitas hortaliças MP aumenta mais rapidamente do que a permeabilidade de filmes utilizados comercialmente, o que pode conduzir a desordens fisiológicas (EXAMA *et al.*, 1993). BEAUDRY *et al.* (1992) recomendam que o aumento da permeabilidade das embalagens ao O₂ deve ser maior do que o aumento de consumo do O₂ pela taxa respiratória, quando ocorre elevação da temperatura.

Muitas soluções tem sido desenvolvidas para adequar modelos que representem as trocas gasosas que ocorrem na atmosfera interior de embalagens, procurando estabelecer uma interação da respiração do produto embalado, com a difusão dos gases de respiração através da

embalagem. Obviamente, não existe um modelo universal para produtos processados minimamente, uma vez que, a respiração não é o único fator que causa alterações da qualidade: a atividade de microrganismos e de enzimas, assim como, etileno e perda de umidade pode resultar no desenvolvimento de alterações indesejadas na cor, odores e sabores estranhos (AHVENAINEN, 1996).

Um sistema interessante de embalagem de atmosfera modificada é o método de embalagem a vácuo-moderado. Neste sistema, o produto é embalado em um recipiente plástico rígido e hermético sob uma pressão parcial de 40 kPa e armazenado entre 4-7°C. A composição inicial do gás é normal, mas sob uma pressão parcial reduzida. Desta forma, um teor mais baixo de O₂, mantém a qualidade do produto pela atividade metabólica mais lenta e menor crescimento de microrganismos do produto. Este sistema de embalagem apresentou resultados satisfatórios em pimenta e chicória inteiras, como também, em maçãs e tomates minimamente processados (AHVENAINEN, 1996). Neste sistema, podem ser empregados filmes plásticos a base de poliamida e polietileno (PA/PE) que possuem alta barreira à difusão de gases. O perigo do uso destas embalagens é a possibilidade de gerarem condições de anaerobiose e conseqüente proliferação de microrganismos patogênicos, caso a cadeia do frio seja interrompida ou inadequada durante a distribuição e venda do produto.

Segundo PARKER (2002), a aplicação de embalagem ativa tem sido muito estudada em anos recentes, alterando o conceito da simples injeção de uma mistura de gás na selagem do saco plástico com o produto, para o conceito de atmosferas ativas controladas no interior de embalagens. Atmosfera ativa controlada é uma tecnologia emergente que possui um grande potencial de aplicação em estender a vida útil de frutas e hortaliças inteiras ou processadas minimamente. Pode ser definida como uma embalagem que incorpora materiais que podem emitir O₂ ou absorver CO₂ e etileno, como também absorver água. Este sistema caracteriza-se por uma selagem da embalagem, com materiais impermeáveis a gases, impedindo que a atmosfera interna da embalagem seja alterada pela respiração do produto (PARKER, 2002).

Segundo BRYDON (2002) testes conduzidos com morangos aplicando absorvedor de CO₂ (na forma de saches) tiveram o teor de CO₂ reduzido em 50% comparado com embalagens sem a presença deste sache. A avaliação sensorial demonstrou ser benéfico à inclusão deste sache, aumentando o tempo de comercialização para 9 dias (3 dias a mais do

que em ar ambiente), principalmente, quando combinado com uma atmosfera interna com alto teor de O₂.

Uma outra forma de se estabelecer uma atmosfera ativa, consiste da tecnologia de membrana ajustável, onde uma membrana altamente permeável adaptada na parte superior da embalagem, controla o fluxo de entrada e saída de gases da embalagem. Esta membrana é fabricada por meio de um substrato de recobrimento poroso com um polímero, e pela alteração deste polímero é possível alcançar permeabilidades específicas de O₂ e taxas de permeabilidade entre CO₂ e O₂. Esta membrana ajusta o fluxo de O₂ dentro de um certo limite de aumento de temperatura, impedindo a ocorrência de anaerobiose no interior da embalagem (CLARKE, 2002).

Segundo SCULLY (2002), o desenvolvimento de tecnologias de embalagens tem sido vital para tornar possível a distribuição de frutas e hortaliças no mercado interno da Austrália, considerando a distância de seus mercados, bem como é visto como fundamental para fortalecer uma imagem no mercado externo de alimentos produzidos com higiene e de alta qualidade.

2.4.2.9 Armazenamento e Distribuição

O armazenamento deve ser realizado em câmaras frias com ventilação forçada a fim de permitir uma boa distribuição do ar através do produto, utilizando temperaturas mais baixas possíveis (2 a 5°C) respeitando-se a sensibilidade do produto ao frio. A distribuição ideal é através do uso de transporte refrigerado, uma vez que, o aquecimento do produto durante o transporte pode levar a deterioração total. A exposição do produto em gôndolas refrigeradas abertas reduz a vida útil do produto, devido a uma enorme perda de frio para o meio ambiente. É comum este sistema manter o produto em temperaturas próximas de 10 a 15°C, acarretando em uma perda rápida de qualidade do produto (AHVENAINEN, 1996).

2.5 Coloração

A coloração é um atributo sensorial importante na qualidade das frutas e hortaliças, pois o consumidor também toma decisões de compra, baseado na aparência do produto.

Além da coloração ser empregada como um índice de maturação de todas frutas e de muitas hortaliças, também mostra a ocorrência de danos mecânicos ou injúrias. Durante o período de comercialização das hortaliças minimamente processadas, a sua coloração pode sofrer alterações significativas, que causam a perda de imagem de produtos frescos, como por exemplo, o escurecimento enzimático que ocorre em alface, aipo e vagem ou o surgimento de uma coloração esbranquiçada em cenouras fatiadas (JACXSENS *et al.*, 2001; KAKIOMENOU *et al.*, 1996; AMANATIDOU *et al.*, 2000).

A medida instrumental da cor é utilizada na descrição dos tons cromáticos de frutas e hortaliças. Baseia-se na análise espectrofotométrica do produto, varrendo os comprimentos de onda visíveis para o olho humano. Um feixe de luz incide sobre uma superfície que reflete de forma difusa em vários feixes luminosos, os quais são coletados e seus comprimentos de onda medidos.

O sistema de cores Hunter (também referido como CIELAB) é atualmente o mais utilizado para descrição quantitativa da cor da fruta ou hortaliça. Neste sistema, a^* varia entre o verde ($-a^*$) e o vermelho ($+a^*$), b^* entre o azul ($-b^*$) e o amarelo ($+b^*$) e L^* é a luminosidade que varia entre 0% (negro) e 100% (branco) (AVENA-BUSTILOS *et al.*, 1993).

O valor de croma C^* vale zero no centro do eixo de cores e aumenta conforme se distância do centro. O ângulo h inicia-se no eixo de a^* e é expresso em graus. O h vale zero quando $+a^*$ (vermelho), 90° é definido como $+b^*$ (amarelo), 180° é $-a^*$ (verde) e 270° , $-b^*$ é azul (HEIMDAL *et al.*, 1995).

2.6 Métodos de Medição da Taxa Respiratória

A respiração é o processo metabólico predominante nas frutas após a colheita. Segundo FONSECA *et al.* (2002), freqüentemente altas taxas de respiração estão associadas com um curto período de armazenamento, podendo também indicar a ocorrência de sintomas de danos pelo frio assim como a ocorrência de respiração anaeróbica, que causam alterações do sabor característico do produto e aceleram a senescência do produto.

A temperatura é o principal fator que reduz a taxa respiratória, uma vez que a velocidade com que as reações químicas e bioquímicas se desenvolvem, decorrentes da respiração, aumenta exponencialmente com a temperatura (KAYS, 1991).

O armazenamento de frutas a temperaturas muito baixas (0°C e 10°C), principalmente quando produzidas em climas tropicais, é limitado devido à sensibilidade ao dano pelo frio, a qual provoca alterações no metabolismo causando o surgimento de manchas escuras na superfície, amadurecimento irregular, aceleração da deterioração. Desta maneira, é necessário determinar para cada produto e cultivar a temperatura mais adequada de armazenamento, sendo que a observação de alterações da taxa respiratória é uma forma segura de se constatar tal ocorrência (KANG & LEE, 1997).

Como a respiração consiste na quebra oxidativa de compostos complexos, consumindo oxigênio e liberando gás carbônico, água e energia, a aplicação de atmosferas com níveis mais baixos de O₂ e mais altos de CO₂ através de atmosferas controladas tem sido uma técnica complementar a refrigeração, tendo como objetivo diminuir a taxa respiratória FONSECA *et al.* (2002).

A determinação da taxa respiratória para a determinação das condições ótimas de O₂ e CO₂ têm sido imprescindível no desenvolvimento de filmes de embalagens e no controle atmosférico utilizado em câmaras de estocagem de frutas a fim de manter suficiente oxigênio no interior da embalagem, não permitindo a respiração anaeróbica (EXAMA *et al.*, 1993).

Medidas da taxa respiratória também podem ser utilizadas para calcular o quociente respiratório, o qual é a taxa de CO₂ produzido e O₂ consumido. Alteração do quociente respiratório pode indicar a natureza do substrato utilizado, assim como, se a respiração anaeróbica está ocorrendo. A taxa de respiração de frutas e hortaliças frescas pode ser expressa como a taxa de consumo de O₂ e/ou a taxa de produção de CO₂. Portanto, os métodos usuais de medição da taxa de respiração são fundamentados em: sistema estático ou fechado, de fluxo contínuo e permeável (KADER *et al.*, 1989).

O sistema fechado consiste de um recipiente hermético de volume conhecido onde é colocado em seu interior o produto, contendo ar ou uma mistura de O₂ e CO₂ definida como atmosfera inicial. Alterações na concentração de O₂ e CO₂ após um certo período de tempo são medidos e utilizados para estimar a taxa de respiração. Este método é limitado para medidas de curto período de tempo, uma vez que, alterações que ocorrem após certo período de tempo são difíceis de monitorar continuamente. A diminuição do oxigênio e aumento do gás carbônico no interior do recipiente também pode afetar a respiração do produto, assim como, a medida precisa do volume livre no interior do recipiente é difícil de realizar. Na

determinação do período de tempo para leitura da atmosfera no sistema estático, deve-se considerar 2 aspectos: de um lado, a diferença de concentração deve ser suficiente para garantir uma modificação da atmosfera que possa ser medida; de outro lado, a modificação na atmosfera deve ser mínima a fim de não influenciar a taxa de respiração (FONSECA *et al.*, 2002).

O sistema de fluxo contínuo envolve a passagem de uma taxa de fluxo de gás conhecida através de um recipiente com produto. Pela determinação da diferença entre a concentração de entrada e de saída de O₂ e/ou CO₂ do recipiente é possível calcular a taxa de respiração. Neste método, erros sistemáticos podem ocorrer devido à dificuldade de se medir e controlar o fluxo de gás. Também, como a alteração na concentração de O₂ pode ser pequena quando comparada à concentração já existente no ar, é realmente mais fácil medir a concentração de CO₂. Esta dificuldade de se medir a concentração de O₂ pode impossibilitar a obtenção do QR. Outra imprecisão deste método está ligada ao cálculo do fluxo de gás que passa pelo recipiente, o qual deve permitir a medição da diferença de concentração entre a entrada e a saída do gás do recipiente. Também uma estimativa prévia da taxa de respiração precisa ser feita para determinar este fluxo de gás (FONSECA *et al.*, 2002).

Segundo FONSECA *et al.* (2002), experimentos com produtos que apresentam baixas taxas de respiração, a baixas temperaturas, e/ou quando submetidos a baixos níveis de oxigênio não podem utilizar este método para medir a taxa de respiração.

No sistema permeável, saco plástico tem sido utilizado para medir a taxa de respiração sob diferentes concentrações de gases. Uma vez que a embalagem alcança um estado de equilíbrio, a permeação através do filme será igual à taxa de respiração do produto. Quando se conhece a área de troca e a permeabilidade do filme, a respiração pode ser calculada pela diferença de pressão parcial entre a embalagem e o ar. O sistema permeável é o menos preciso devido à necessidade de determinação de muitas variáveis envolvidas. Assim, têm-se as dimensões da embalagem (volume interno livre, área superficial, espessura do material da embalagem), assim como suas características de permeabilidade a gases. A determinação do volume livre no interior de uma embalagem flexível pode ser de difícil determinação (FONSECA *et al.*, 2002).

O tempo para alcançar uma atmosfera de equilíbrio pode ser visto como uma limitação deste método. Por exemplo, Beaudry *et al.* (1992), citados em FONSECA *et al.*

(2002), relatam que a determinação da respiração de mirtilo obtida pelo sistema permeável levou 2 dias a 25°C e 14 dias a 14°C para atingir o estado de equilíbrio. Considerando as características próprias de cada sistema, todos consomem um grande período de tempo para sua realização.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os Sub-Capítulos a seguir, referem-se ao estudo de alguns fatores que influenciam na preservação da qualidade de cenoura e feijão-vagem processados minimamente. No início dos Sub-Capítulos apresenta-se uma justificativa de como estes fatores podem influenciar alguns atributos de qualidade e a segurança com relação à presença de microrganismos patogênicos.

3.1 RESPIRAÇÃO EM FEIJÃO-VAGEM E CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADOS E INTEIROS

3.1.1 Introdução

Os danos físicos causados durante o processamento mínimo, tais como: descascamento, fatiamento e retirada de partes não-comestíveis, realizadas em hortaliças preparadas para consumo ou também chamadas de processadas minimamente, podem causar aceleração na taxa respiratória e na produção de etileno. Como consequência, também as plantas sintetizam uma série de compostos secundários, muitos dos quais relacionados à cicatrização dos ferimentos a fim de evitar a entrada de microrganismos patogênicos e a perda de água dos tecidos. Em certos casos, estes compostos podem afetar o aroma, sabor, causar a alteração de cor (incluindo o escurecimento e esbranquiçamento) e perda de nutrientes (HUXSOLL & BOLIN, 1989; BRECHT, 1995). Assim, o controle do efeito dos ferimentos sobre o metabolismo do produto é a chave para proporcionar um produto processado de boa qualidade, e o resfriamento do produto pode reduzir o impacto dos danos mecânicos sobre a taxa respiratória.

Os efeitos do calor sobre reações bioquímicas são geralmente quantificados como Q_{10} , coeficiente que indica quantas vezes aumenta a velocidade de uma reação a cada acréscimo de 10°C na temperatura (SIGRIST, 1988). Desta forma, a taxa respiratória é considerada como sendo um bom índice para a previsão do tempo de conservação das hortaliças e frutas após a colheita, uma vez que a temperatura é um dos fatores que mais influenciam na vida útil de frutas ou hortaliças processadas minimamente (FONSECA *et al.*, 2002; SILVA *et al.*, 1999).

Desta forma, recomenda-se à conservação de produtos hortícolas em temperaturas as mais baixas possíveis, mas acima do ponto de congelamento do produto. No entanto, muitas frutas e hortaliças são sensíveis ao dano pelo frio, em temperaturas entre 0°C e 10°C. Para cada produto e cultivar, é necessário determinar a temperatura mais adequada sem causar dano pelo frio, e a observação de alterações na taxa respiratória é a forma segura de se constatar tal ocorrência (KANG & LEE, 1997).

WATADA *et al.* (1996), analisando a taxa de respiração de alguns produtos, a diferentes temperaturas (0°C, 5°C, 10°C e 20°C), observaram que os produtos processados minimamente apresentam maior taxa de respiração que os inteiros e que a porcentagem de aumento era variável, dependendo da hortaliça. BOLIN *et al.* (1977) afirmam que o tempo de comercialização de hortaliças processadas minimamente é 2,5 vezes maior a 2°C do que a 10°C, e que a temperatura é o principal fator de controle para sua vida útil e para a conservação de sua qualidade. Segundo WATADA *et al.* (1996), hortaliças sensíveis ao frio e processadas minimamente, foram conservadas entre 0-10°C durante 7 dias para se constatar a ocorrência dos sintomas de danos, mas as células mantiveram sua aparência normal. Nas temperaturas mais altas de conservação, comprovou-se que a deterioração natural e a evolução de microrganismos contribuíram mais para a deterioração dos produtos do que qualquer sintoma de dano pelo frio. CHERVIN & BOISSEAU (1994) ao pesquisarem a influência da irradiação gama na conservação de cenouras cortadas e mantidas a 10°C por mais de 7 dias, concluíram que a temperatura de conservação é importante para manter uma alta qualidade sensorial. KATO-NOGUCHI & WATADA (1997) verificaram que taxas metabólicas mais altas proporcionaram a fermentação de cenouras processadas minimamente, com maior acúmulo de etanol e acetaldeído a 15°C do que a 5°C.

Outro aspecto muito importante de se manter o produto a baixa temperatura, está ligado ao déficit de pressão de vapor entre a hortaliça e o ambiente, responsável pela perda de água pela hortaliça. Uma vez que, as hortaliças são compostas de 75% a 95% de água e a umidade relativa dos espaços intercelulares é muito próxima de 100%, há uma tendência do vapor de água dos tecidos se difundir para o meio no qual se encontra o produto. A redução da temperatura do produto ao mínimo que ele suporta, e mantendo-se a temperatura do meio baixa, minimiza-se a exposição do produto a déficits de pressão de vapor, evitando a transpiração (SIGRIST, 1988).

A perda de coloração e o murchamento estão associados com a perda de peso, influenciando muito a aparência do produto e conseqüentemente a decisão de compra dos consumidores. TOIVONEN *et al.* (1993) consideraram que 8% de perda de peso é o limite para a comercialização de cenouras. As vagens também são muito sensíveis à perda de água, sendo que com uma perda de massa de 5%, o produto apresenta murchamento e quando atinge 10-12% não pode ser comercializado (CANTWELL, 2000).

A taxa de respiração dos produtos foi analisada a diferentes temperaturas de armazenamento, assim como, comparou-se o produto inteiro com o processado minimamente.

3.1.2 Material e Métodos

3.1.2.1 Feijão – Vagem

Foram utilizadas vagens (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Itatiba-II colhidas manualmente e selecionadas pelos seguintes aspectos: isentas de ferimentos, manchas. As vagens foram colhidas de produtor localizado na região de Jarinu (SP) nas épocas de verão (dezembro) e inverno (agosto), com temperaturas médias de produção de 23,0°C e 19,9°C, respectivamente. Após a colheita, foram transportadas ao Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL) à temperatura ambiente sendo armazenadas durante um dia a 11°C. As vagens de verão e inverno foram colhidas imaturas, aproximadamente após 80 dias e 115 dias da semeadura, respectivamente.

3.1.2.2 Cenouras

Foram utilizadas cenouras (*Daucus carota*) da variedade Brasília, classificadas como tipo A, produzidas na região de São Gotardo. As cenouras foram transportadas acondicionadas em caixas de papelão à temperatura ambiente até a Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP), de onde foram levadas até o ITAL, sendo armazenadas a temperatura de 1,0°C durante 1 dia até o início do processamento mínimo. As cenouras foram colhidas após 90 a 95 dias da semeadura.

3.1.2.3 Etapas do Processamento Mínimo

Os processamentos mínimos dos dois produtos foram realizados no ITAL, utilizando as instalações da área de Tecnologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas. As etapas do processamento apresentadas no fluxograma abaixo foram semelhantes para os dois produtos, com exceção do descascamento realizado somente para as cenouras, a qual foi feito em conjunto com a operação de corte das extremidades:



Utilizou-se uma sala fechada com isolamento térmico, sendo mantido uma temperatura interna na faixa de 10°C a 15°C. A seguir são especificadas as etapas descritas acima e realizadas no processamento mínimo:

3.1.2.3.1 Seleção

Os critérios adotados na seleção dos produtos foram aparência, incluindo seu frescor, a ausência de defeitos, tecidos muito sujos ou com incidência de podridão, impurezas e a eliminação de materiais impróprios para consumo. Esta seleção foi realizada manualmente no ITAL.

3.1.2.3.2 Lavagem e Sanitização

Antes de serem processados os feijões-vagem e as cenouras foram submetidas a um processo de sanitização durante 5 minutos. Utilizou-se sanitizantes próprios para alimentos, tendo a solução uma concentração de 200 µL de cloro ativo por litro de água do sanitizante Sumaveg (dicloro triazinatriona sódica dihidratada) fabricado pela Indústria Gessy Lever Ltda-Divisão Diversey Lever. A solução foi preparada em um tanque de inox, contendo água a temperatura de 4°C a 8°C e pH igual a 6,8.

3.1.2.3.3 Corte das Extremidades

O corte das extremidades dos feijões-vagem e das cenouras, assim como o descascamento das cenouras, foram feitos manualmente por meio de faca de aço inox em mesas de aço inox, devidamente higienizadas com álcool. Utilizou-se luvas, máscaras, gorros e avental durante esta fase.

3.1.2.3.4 Corte em Pedacos

O fatiamento dos produtos (cenouras e vagens) foi realizado por meio de um cortador Robot Coupe CL50, específico para vegetais. As vagens e as cenouras foram cortadas por meio de uma lâmina de aço inox respectivamente com 5 e 2 mm de espessura.

Devido ao processo transversal de corte do equipamento, assim como, pelas vagens não apresentarem um comprimento uniforme houve uma variação no comprimento, de aproximadamente 2 mm. Foi observado que as lâminas de aço inox do equipamento apresentavam-se bem afiadas.

3.1.2.3.5 Enxagüe

Após o corte das cenouras e dos feijões-vagem, elas foram submetidas a enxagüe através de uma imersão rápida em água a baixa temperatura, de 4°C a 8°C. Neste processo foram utilizados sacos de malha fina de nylon perfurada para facilitar o manuseio. Esta operação teve como objetivo eliminar o suco celular liberado pelas células após o corte, constatado visualmente pela enorme mudança de coloração da água.

3.1.2.3.6 Lavagem Final

A última etapa do processo de sanitização ou higienização consistiu de uma lavagem após o enxagüe em água com uma solução de 200 µL de cloro ativo por litro de água, durante 3 minutos. Foi mantida a água a baixa temperatura (4°C a 8°C) durante todo este processo, para minimizar o efeito do corte sobre o metabolismo do produto.

3.1.2.3.7 Centrifugação

A excessiva água livre na superfície dos feijões-vagem e das cenouras, decorrente da lavagem final foi eliminada através de centrifugação. Os feijões-vagem e as cenouras foram colocados no interior da centrífuga dentro do saco de nylon, usado no enxagüe, a fim de facilitar o manuseio. A determinação do tempo de centrifugação foi feita através de uma relação de massa, pesando a massa inicial do produto antes das lavagens e comparando após certos períodos de centrifugação, até que o produto retornasse ao seu peso inicial. Desta maneira, o tempo definido foi de 50s para ambos os produtos. Foi empregada para esta operação uma centrífuga semi-industrial (marca AngeloPo).

3.1.2.3.8 Pesagem

Para a realização dos experimentos de medida da taxa respiratória tanto para feijões-vagem como para as cenouras, utilizou-se um peso líquido de 500g acondicionado no interior de frascos de vidro de 2,8 L.

3.1.2.3.9 Armazenamento

O armazenamento dos produtos foi sempre realizado em câmaras de refrigeração com ventilação forçada de ar e com controle automático da temperatura e da umidade relativa, mantendo-se as seguintes temperaturas $1\pm 1^{\circ}\text{C}$, $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ e $11\pm 1^{\circ}\text{C}$ (85-90%UR).

3.1.2.4 Taxa de Respiração

A taxa respiratória foi determinada empregando-se um sistema de fluxo contínuo, constituído de um frasco de vidro de 2,8 L, no qual foi acondicionado o produto. A tampa deste frasco possuía uma entrada e uma saída, a fim de permitir que um fluxo contínuo de ar passasse pela camada do produto, arrastando para fora os gases provenientes do processo respiratório. No lado interno do frasco foi conectada à tampa, uma mangueira de plástico, a fim de permitir a distribuição mais uniforme do fluxo de ar através da camada inferior do produto. A distribuição do fluxo de ar, através dos frascos com produto, foi realizada por meio de três equipamentos instalados no interior de cada câmara, chamados fluxcentros e desenvolvidos por CALBO (1989). O fluxo de ar era mantido a uma pressão de 60 cm de coluna de água passando pelos frascos de vidro, sendo a sua velocidade controlada através da instalação de capilares de vidro na saída do fluxcentro. Os capilares de vidro foram ajustados à velocidade requerida através de um bolhómetro.

A linha de ar era conectada ao fluxcentro por uma mangueira plástica, e o gás carbônico e o etileno, normalmente presentes no ar atmosférico foram eliminados através de lavagem, ou seja, passando-se o ar através de três soluções antes do frasco. Estas soluções foram dispostas na seguinte seqüência: hidróxido de cálcio a 20%, permanganato de potássio a 5% e água, contidas em 5 litros de água em frascos de vidro com 10 litros de capacidade. O fluxo de ar, para a determinação da respiração, foi calculado baseando-se na temperatura, no calor de respiração e na massa de cada produto (CLAYPOOL & KEEFER, 1942). Estes fluxos de ar, para as cenouras, foram mantidos a 1°C , 5°C e 11°C e foram, respectivamente, de 1,3 L

h^{-1} ; $1,7 \text{ L h}^{-1}$ e $3,1 \text{ L h}^{-1}$. Para as vagens, os fluxos de ar, correspondentes às temperaturas de 1°C , 5°C e 11°C foram de $1,7 \text{ L h}^{-1}$; $2,8 \text{ L h}^{-1}$ e $6,5 \text{ L h}^{-1}$.

A taxa respiratória foi medida através da produção de CO_2 pelos produtos, sendo também medida a liberação de etileno. Para tanto, foi empregado um cromatógrafo a gás, marca Varian, modelo Star 3400, e equipado com colunas Porapak-N para o detector de ionização de chama (FID) e Hysesep N para o detector de condutividade térmica (TCD), tendo as colunas 1 m de comprimento. A detecção do CO_2 foi feita pelo TCD, sendo ajustado as temperaturas de 60°C , 70°C e 140°C para a coluna, injetor e detector, respectivamente. Para a detecção do etileno foi utilizado o FID, empregando-se as temperaturas especificadas acima. O gás de arraste usado no detector e nas colunas foi o hidrogênio, sendo ajustados os seguintes fluxos para as colunas do TCD e FID, assim como para o detector, respectivamente 26 mL minuto, $20 \text{ mL} / \text{minuto}$ e $10 \text{ mL} / \text{minuto}$. O fluxo de ar sintético foi regulado para $300 \text{ mL} / \text{minuto}$. A medição foi feita com auxílio de seringa, retirando-se uma amostra de 1 mL na saída do frasco, e injetando-a na respectiva coluna do TCD e FID do cromatógrafo. A primeira medida das concentrações de CO_2 e etileno foram feitas no dia seguinte ao processamento mínimo e depois foram sendo realizadas a cada 2, dias até o 14° dia, com uma última medida no 18° dia.

O valor de Q_{10} foi calculado conforme o indicado na equação 3 e a energia de ativação (E_a) conforme a equação 4:

$$Q_{10} = T_{t+10} / T_t \quad (3)$$

$$TR = TR^* \exp[-E_a/R (T + 273)] \quad (4)$$

onde:

T_t = taxa respiratória na temperatura t ;

T_{t+10} = taxa respiratória na temperatura $t + 10^\circ\text{C}$;

TR = taxa respiratória ($\text{ml CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$);

TR^* = respiração pré-exponencial ($\text{ml CO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$);

E_a = energia de ativação ($\text{J} \cdot \text{mol}^{-1}$);

R = constante dos gases ($8,3144 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$);

T = temperatura (K).

A Equação-13 pode ser apresentada como função linear relacionada com o logaritmo da taxa de respiração (TR) e o inverso da temperatura:

$$\text{Ln TR} = \text{Ln TR}^* \left[- \text{Ea} / \text{R} (T + 273) \right] \quad (5)$$

3.1.2.5 Planejamento Experimental

Nos experimentos em que se determinou a taxa respiratória a 1°C, 5°C e 11°C, comparando as cenouras e vagens inteiras e processadas minimamente utilizou-se quatro repetições. Para análise estatística dos dados experimentais foram utilizados a ANOVA (análise de variância) e teste de Tukey (5% de significância).

3.1.3 Resultados e Discussão

3.1.3.1 Feijão-Vagem

Na Figura 2 é apresentado o gráfico correspondente às taxas de respiração, obtidas a partir de dados experimentais de vagens inteiras e processadas minimamente, da cultivar Itatiba-II, colhidas na época de verão, processadas minimamente (PM) e armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C e 90% UR.

Observou-se que a 11°C, a taxa de respiração mostrou-se mais elevada no início do armazenamento, com diminuição lenta. Ocorreu pequena diferença entre as curvas de respiração das vagens inteiras e das PM quando armazenadas a 11°C e 5°C, mas, a 1°C não existiu esta diferença. A Figura 2 mostra que os danos físicos causados ao produto no processamento mínimo aumentaram-lhe a taxa respiratória que nem mesmo com posterior declínio, não retornou aos níveis de respiração dos produtos inteiros. A mesma constatação foi observada por LAFUENTE *et al.* (1996) em pesquisas com cenouras PM em fatias e inteiras, e armazenadas a 1°C e 5°C. REYES (1996) afirma que danos mecânicos, tais como descascamento e corte em pedaços, resultam na ativação do metabolismo que é manifestado por aumento na taxa respiratória, e em alguns casos, na produção de etileno também. A

resposta geralmente é dependente da magnitude do dano físico. Estes autores relatam também que o aumento na respiração também pode ser resultado de processos bioquímicos que necessitam de energia e de precursores para a biossíntese de metabólitos secundários importantes para cicatrização dos ferimentos.

Na Tabela 1, a influência do corte transversal sobre o metabolismo das vagens, teve um efeito não significativo no produto quando a 1°C, conforme pode ser comprovado pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). Semelhante efeito foi constatado por WATADA *et al.* (1996) onde a 0°C, as vagens inteiras e PM apresentaram 13,0 e 14,0 $0\text{mgCO}_2 \text{ kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$, respectivamente. No entanto, a 5°C este efeito só se tornou significativo após o 9º dia e a 11°C, houve um aumento médio de 16,2% no produto processado minimamente em relação ao inteiro (Tabela 1).

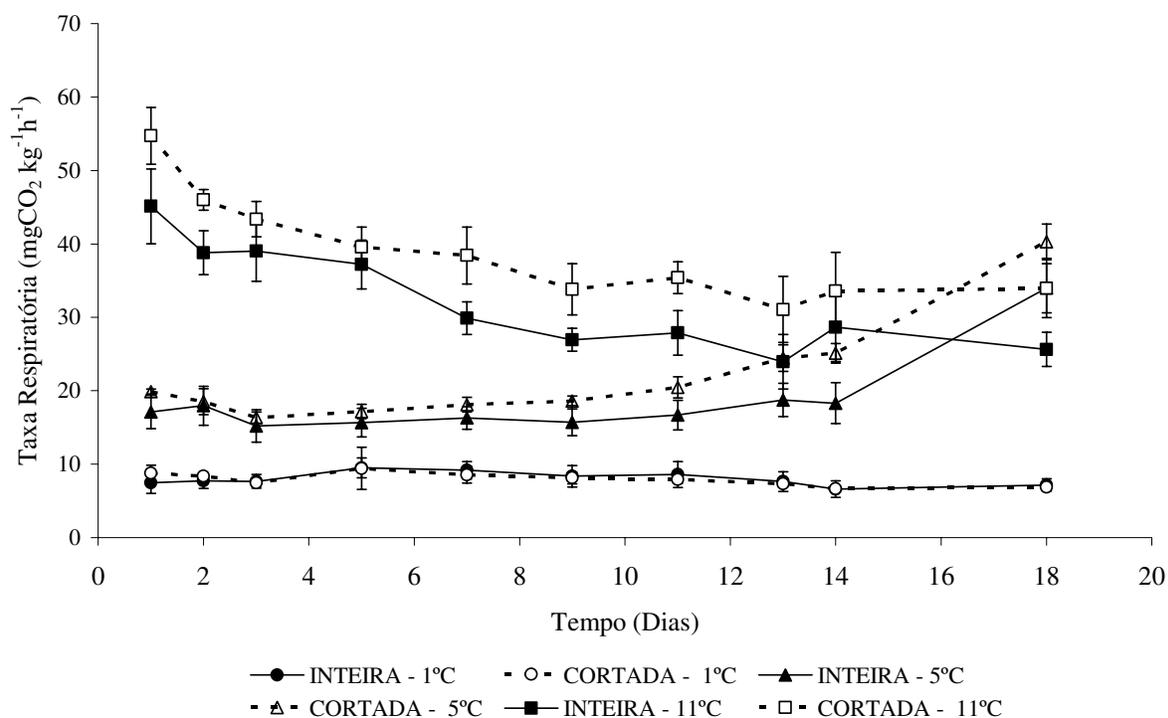


Figura 2-Curvas de respiração de vagens inteiras e processadas minimamente, colhidas no verão/dezembro e armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C (90%UR).

Tabela 1- Médias* da taxa de respiração, $\text{mgCO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, para vagem inteira e processada minimamente, colhidas no verão/dezembro e armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C.

Tratamentos	Dias de Armazenamento									
	1	2	3	5	7	9	11	13	14	18
Inteira - 1°C	7,47 d	7,76 e	7,67 d	9,49 c	9,18 d	8,36 e	8,60 e	7,63 d	6,61 d	7,17 d
Cortada - 1°C	8,79 d	8,38 d	7,47 d	9,43 c	8,58 d	8,13 e	7,94 e	7,35 d	6,67 d	6,90 d
Inteira - 5°C	17,10 c	17,97 c	15,21 c	15,66 b	16,30 c	15,70 d	16,69 d	18,73 c	18,30 c	34,00 b
Cortada - 5°C	19,89 c	18,51 c	16,34 c	17,18 b	18,11 c	18,62 c	20,46 c	24,43 b	25,12 b	40,28 a
Inteira - 11°C	45,12 b	38,80 b	39,04 b	37,20 a	29,87 b	26,96 b	27,90 b	23,94 b	28,67 b	25,65 c
Cortada - 11°C	54,72 a	45,99 a	43,39 a	39,58 a	38,42 a	33,83 a	35,40 a	31,08 a	33,60 a	33,96 b
C.V. %	12,49	4,37	5,38	10,11	5,43	5,27	5,28	7,55	8,34	5,42
D.M.S.	7,16	2,25	2,6	4,87	2,45	2,2	2,31	3,2	3,72	3

*Média de quatro repetições. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey \leq 0,05).

Encontrou-se diferença nos valores médios das taxas respiratórias obtidas com feijões-vagem da cultivar Itatiba-II colhidos no verão em relação aos valores citados por outros autores. DAY (2001) apresenta valores superiores aos obtidos neste trabalho, ou seja, para vagens PM e armazenadas a 0°C, 5°C e 10°C, valores de 13,9; 29,0 e 77,9 $\text{mgCO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, respectivamente, e para vagens inteiras 13,0; 29,1 e 52,8 $\text{mgCO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, respectivamente. Comparando-se os resultados obtidos com dados gerais citados por CANTWELL (2000) e CANTWELL & SUSLOW (2003) para vagens inteiras e armazenadas a 0°C, 5°C e 10°C também há diferença, uma vez que, estes autores encontraram os seguintes valores 19,8; 32,9 e 55,1 $\text{mgCO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, respectivamente.

Na Figura 3 foram comparados os valores médios da taxa de respiração para as vagens da cultivar Itatiba-II processadas minimamente e colhidas na região de Jarinu (SP), mas produzida em meses de verão (dezembro-janeiro) e de inverno (agosto). As vagens produzidas no inverno apresentaram uma maior taxa de respiração, 58,5%; 45,4% e 48,7% superior as produzidas no verão quando armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C, respectivamente. Observa-se que as taxas de respiração médias para as vagens colhidas no inverno, são semelhantes às citadas por CANTWELL (2000) e CANTWELL & SUSLOW (2003).

WANG (1997) afirma que elementos minerais, especialmente nitrogênio e cálcio, possuem grande efeito sobre a firmeza, produção de etileno, respiração e conseqüentemente sobre o tempo de armazenamento de frutas e hortaliças. A atividade respiratória também

depende da área superficial, espessura, densidade e estrutura molecular, as quais funcionam como barreiras à difusão de O₂ e CO₂, do interior dos tecidos para a atmosfera. As diferenças de valores de taxas respiratórias podem ser atribuídas, segundo KADER (1987), a fatores como: variedade, estágio de desenvolvimento na colheita, composição química afetada pelas condições climáticas e práticas culturais.

Na região de Jarinu, no período de verão e de inverno, foi possível verificar as diferentes condições ambientes de produção das vagens. A temperatura média mínima e máxima na época de verão, novembro-dezembro de 2001, quando se realizou a primeira colheita foi respectivamente de 28,4°C e 17,6°C, resultando em uma temperatura média de 23,0°C. A evapotranspiração medida correspondeu a 110 mm, tendo uma precipitação de 150 mm em 17 dias de chuva.

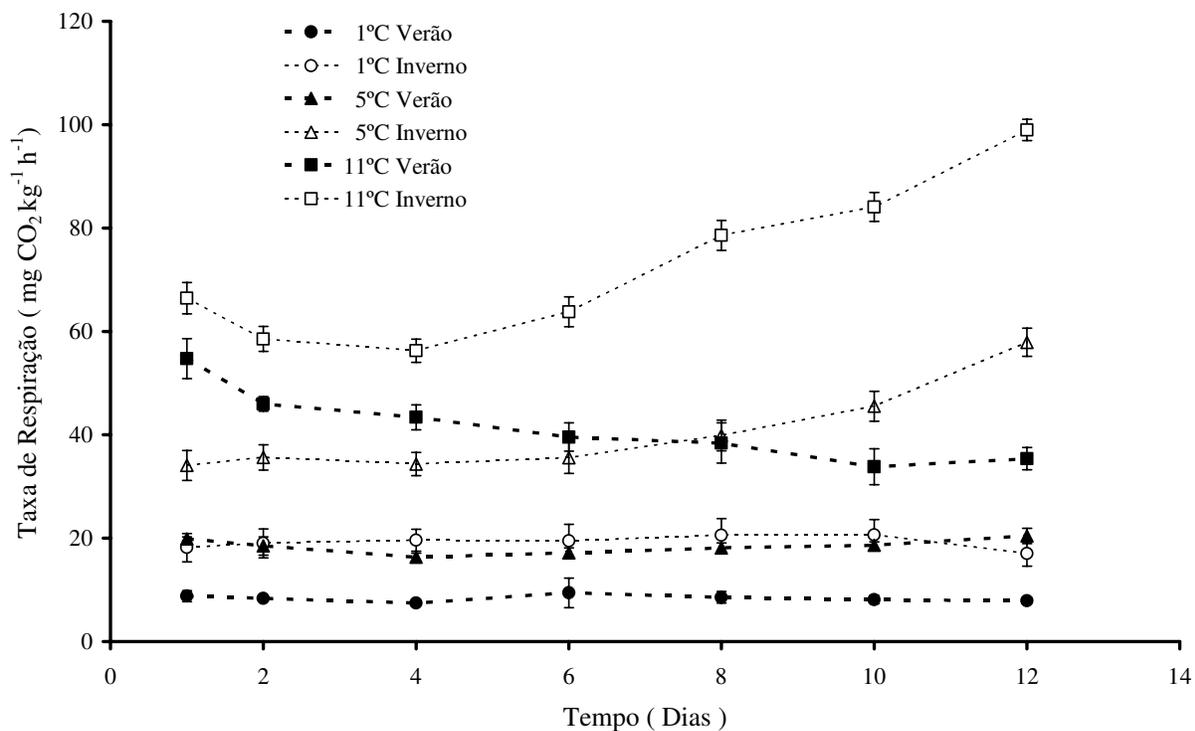


Figura 3- Curvas de respiração de vagens processadas minimamente, colhidas no verão/dezembro e inverno/agosto, armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C (90%UR).

A época de inverno, correspondente ao mês de agosto de 2002, quando se realizou a segunda colheita, as temperaturas médias mínimas e máximas da região de Jarinu (SP) foram respectivamente 26,7°C e 13,0°C, resultando em uma temperatura média de 19,9°C. A evapotranspiração medida correspondeu a 74 mm, com uma precipitação de 42mm em 7 dias de chuva.

Na época de inverno, onde a temperatura ambiente apresentou-se menor, o feijão-vagem apresentou desenvolvimento mais lento, com início da sua produção aos 100 dias e, com colheita durante 20-30 dias. No verão a colheita é mais precoce, e ocorre em 60 dias após a semeadura, o que devido ao acelerado desenvolvimento fisiológico das vagens, acarreta em curto período de colheita (14 dias). Neste trabalho, os feijões-vagem colhidos na época de inverno eram menores, estando no início de seu período de colheita, enquanto que os feijões-vagem de verão eram mais longos e estavam na segunda semana de colheita. Desta forma, apesar de serem feijões-vagem de mesma cultivar (Itatiba-II) e produzidas com semelhantes práticas culturais, as diferenças no metabolismo observadas através da Figura 3, podem ser atribuídas as condições climáticas na produção (verão e inverno).

Associado as estas condições de produção, as vagens foram colhidas em diferentes estádios de desenvolvimento fisiológico, ou seja, as vagens colhidas no inverno apresentavam tecidos mais jovens que as vagens colhidas no verão. Na prática esta diferença foi observada em função do menor tamanho das vagens de inverno e pelas extremidades se partirem facilmente quando vergadas com os dedos. Trabalho de LAFUENTE *et al.* (1996) com cenouras processadas minimamente, permitiram concluir que cenouras com menor desenvolvimento fisiológico possuíam taxas de respiração em torno de 30% a 40% maior do que cenouras fisiologicamente mais desenvolvidas. KADER (1987) também relata que as hortaliças colhidas durante a fase ativa de crescimento têm alta taxa respiratória.

Considerando-se a Equação-3, foram calculados os valores de Q_{10} para vagens colhidas nas épocas de verão e inverno, cortadas e inteiras na faixa de temperatura entre 1°C a 11°C (Tabela 2). Verificou-se que o aumento de 10,0°C ocasionou uma elevação de 3,94; 4,71 e 3,78 vezes na taxa de respiração para vagens inteiras no verão e cortadas no verão e inverno. Estes valores são menores do que os encontrados por WATADA *et al.* (1996), cujos valores de Q_{10} para vagem inteira e processada minimamente entre as temperaturas de 0°C e 10°C, foram respectivamente de 4,0 e 5,6.

Tabela 2- Médias* das taxas de respiração e valores de Q10 de feijões-vagem inteiros e cortados, colhidos nas épocas de verão/dezembro e inverno/agosto na região de Jarinu (SP), armazenados nas temperaturas de 1°C, 5°C e 11°C.

Feijão-Vagem	Temperatura (°C)	Taxa Respiratória* (mgCO ₂ .kg ⁻¹ .h ⁻¹)	Q ₁₀ (1-11°C)
Inteiro - Verão	1	8,16	3,94
	5	16,82	
	11	31,55	
Cortado - Verão	1	8,00	4,71
	5	19,85	
	11	37,66	
Cortado - Inverno	1	19,40	3,78
	5	36,35	
	11	73,42	

*Média dos valores obtidos entre o 2º e o 12º dia de armazenamento.

Um outro fato observado para as vagens cortadas colhidas no verão, mantidas a 5°C é que a curva de respiração apresenta-se, a partir do 3º dia, sempre de forma crescente (Figura 2). Associado a este fato foi observado, visualmente, no 9º dia, o surgimento de uma coloração levemente marrom na face transversal de corte. Este escurecimento também ocorreu a 11°C, a partir do 6º dia. A 1°C, não se observou escurecimento durante todo o período de armazenamento.

Com o decorrer do armazenamento a 5°C e 11°C, a coloração marrom da face de corte tornou-se mais escura. Segundo KING & BOLIN (1989) e LAURILA *et al.* (1998), esta coloração pode estar relacionada com reações enzimáticas causada pela polifenoloxidase (PPO) (Figura 4). Este escurecimento se desenvolve na superfície onde a fruta ou hortaliça (principalmente as de coloração verde) é cortada, causada pelo contato da PPO com compostos fenólicos na presença de oxigênio. A PPO corresponde a um termo genérico empregado para um grupo de enzimas que, pela suas ações, causam a conversão de compostos fenólicos para substâncias com coloração marrom ou pretas chamadas de “melaninas”.

Na Figura 3, as vagens colhidas na época de inverno/agosto e armazenadas a 5°C e 11°C, também apresentaram aumento no metabolismo a partir do 6º e 4º dia, respectivamente, constatou-se ao mesmo tempo, o surgimento de escurecimento da face de corte, principalmente a temperatura de 11°C.



Figura 4- Aparência das vagens processadas minimamente, colhidas no inverno/agosto mantida a temperatura de 1°C, 5°C e 11°C por 12 dias.

Pesquisas desenvolvidas por WATADA & MORRIS (1966a,b) com vagens inteiras a diferentes temperaturas de armazenamento, mostraram um aumento acentuado na taxa respiratória somente a 5°C, sendo atribuído a dano pelo frio como o agente causador. Observaram também pequenas depressões sobre a superfície do produto, tornando difícil à caracterização do escurecimento da superfície com a ocorrência de pequenas e leves depressões. A aparência de todas as cultivares variava de ruim a bom, após 14 dias a 5°C, mas apresentaram péssima aparência logo após serem transferidas para 15°C.

Neste trabalho, a produção de etileno não foi detectada nas leituras do cromatógrafo tanto para as vagens inteiras como cortadas, durante os 18 dias de armazenamento, nas três temperaturas estudadas, em virtude da sensibilidade do aparelho. Segundo CANTWELL (2000), a produção de etileno para vagem, quando armazenada a temperatura de 5°C, é menor que $0,05 \mu\text{L.kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$.

A Figura 5 foi construída a partir da taxa respiratória medida para as vagens inteiras colhidas na época de verão, sendo possível verificar a relação linear existente entre o logaritmo natural das taxas respiratórias ($\text{mLCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$) com o inverso da temperatura absoluta (K) (TELES, 2001). Através da multiplicação do coeficiente angular da reta de Arrhenius obtido da reta do gráfico pela constante universal dos gases ($R = 8,3144 \text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$) foi calculada a energia de ativação (Equação 4). As Figuras 6 e 7 correspondem ao cálculo da energia de ativação para as vagens processadas minimamente.

As E_a calculadas para as vagens inteiras e processadas minimamente, colhidas no verão, foram respectivamente de $87,73$ e $99,63 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Enquanto que a E_a calculada para as vagens processadas minimamente, colhidas no inverno foi de $85,46 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Observou-se que os valores da E_a são relativamente distintos entre as hortaliças e frutas, para produtos inteiros temos como exemplo: alface= $51,1$; rabanete= $71,4$; couve-flor= $57,3$; morango= $70,7 \text{ kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$. Apesar da diferença entre os valores da E_a , causada pela diferença na taxa respiratória dos produtos, observa-se certa compatibilidade entre os valores deste atual estudo e os citados em literatura para outros produtos (EXAMA *et al.*, 1993).

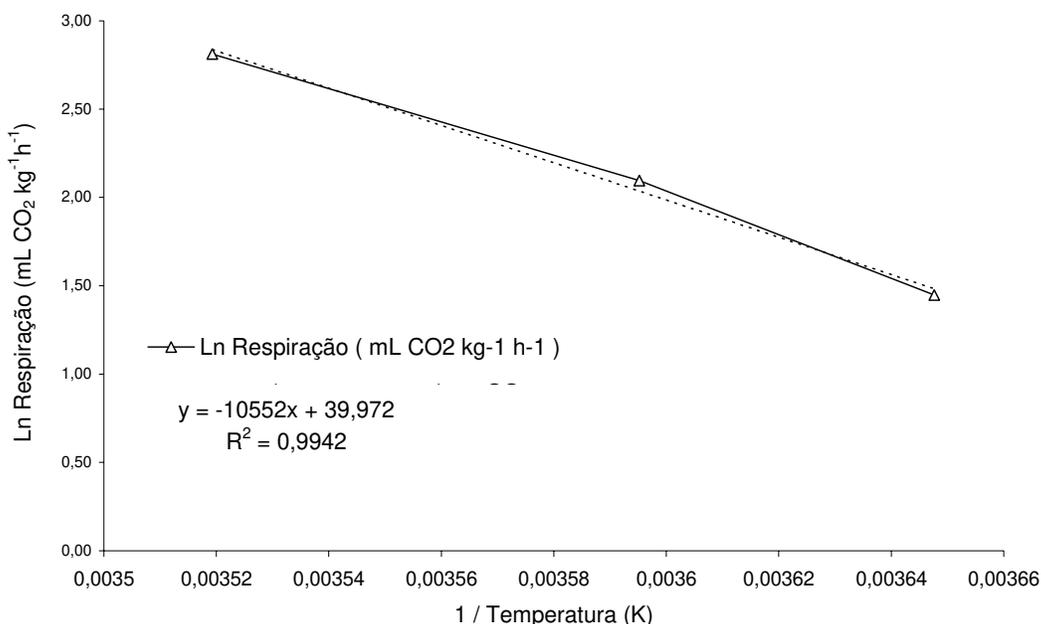


Figura 5- Curva de linearização da equação de Arrhenius para vagens colhidas no verão/dezembro inteiras e armazenadas a 1°C , 5°C e 11°C (90%UR).

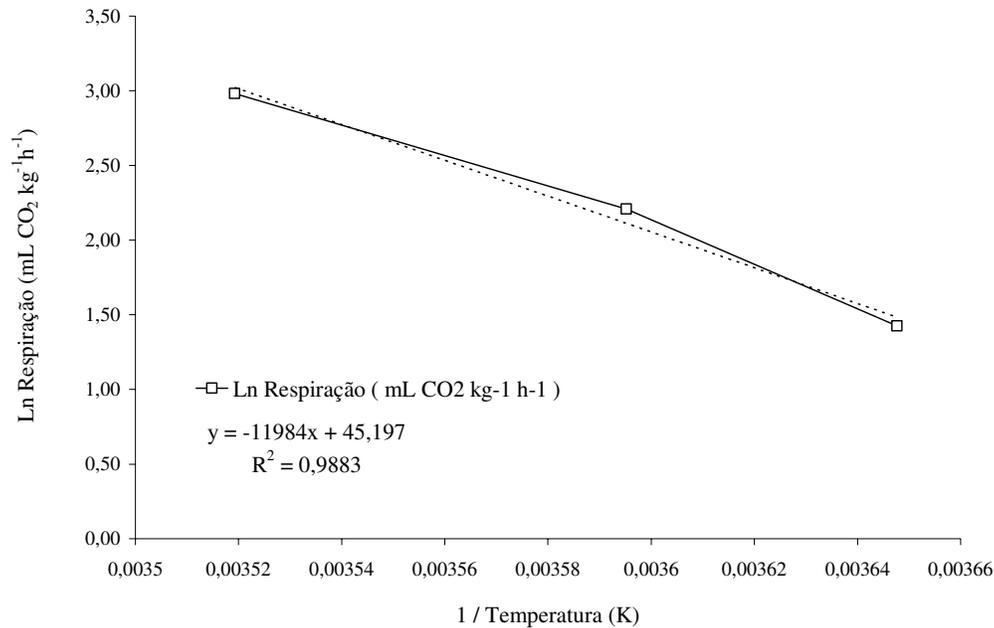


Figura 6- Curva de linearização da equação de Arrhenius para vagens colhidas no verão/dezembro processadas minimamente e armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C (90%UR).

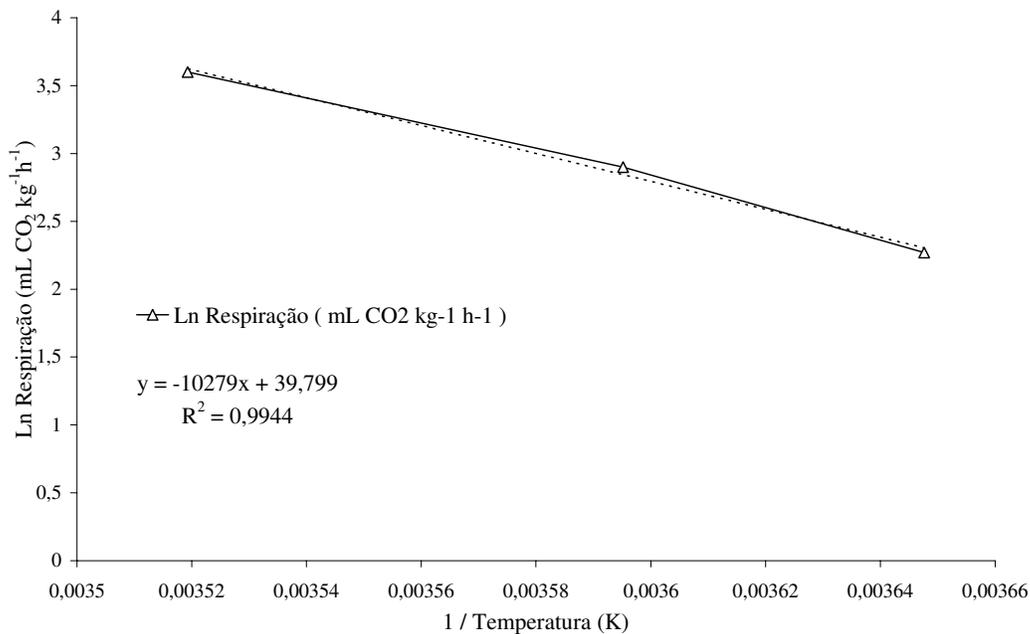


Figura 7- Curva de linearização da equação de Arrhenius para vagens colhidas no inverno/agosto processadas minimamente e armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C (90%UR).

3.1.3.2 Cenoura

A Figura 8 apresenta a cinética da taxa respiratória de cenouras inteiras e processadas minimamente. Verificou-se que a alta temperatura de armazenamento (11°C) associada aos danos físicos causados no processamento (descascamento e fatiamento) acelerou a taxa respiratória. Tal fato pode ser comprovado, quando se compara com a cinética das curvas das cenouras armazenadas a 5°C e 1°C, onde as diferenças são bem menores em relação ao produto inteiro. Verificou-se a enorme influência da temperatura na taxa respiratória do produto, uma vez que a 11°C, ocorre uma lenta diminuição da respiração, demorando em torno de 8 dias para a taxa respiratória atingir um estado de equilíbrio. Enquanto que a 5°C a variação da taxa respiratória é menor e atingiu um equilíbrio praticamente a partir do quarto dia de armazenamento. A temperatura de 1°C impediu um aumento acentuado da respiração no início do armazenamento além de apresentar-se linear, durante o armazenamento.

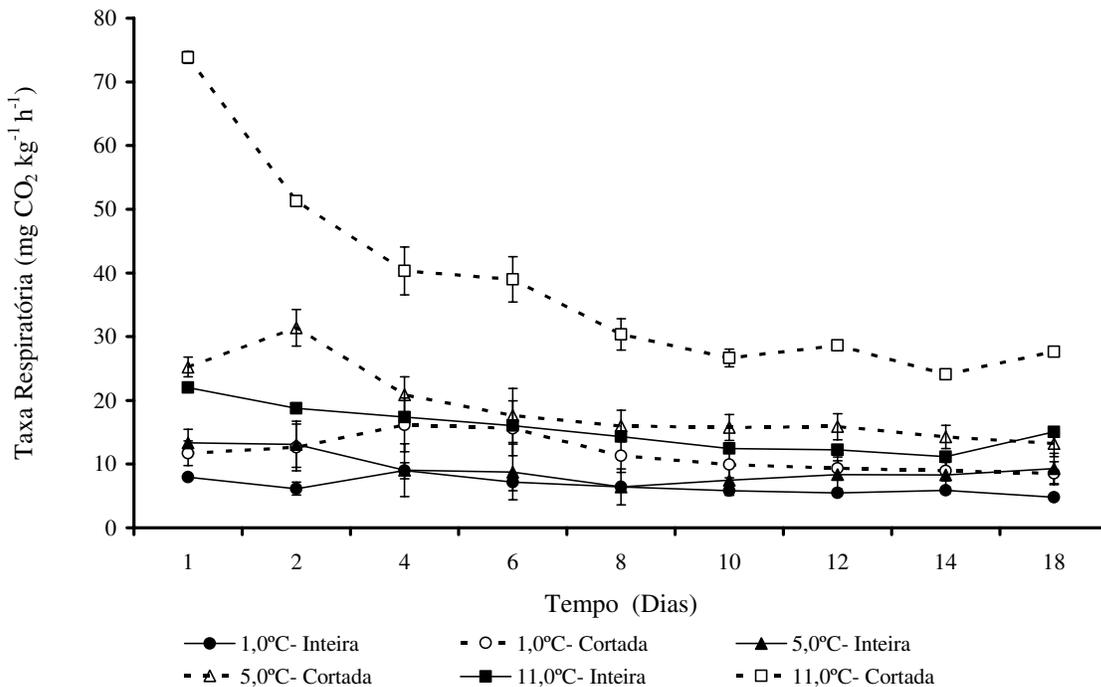


Figura 8- Curvas de respiração de cenouras inteiras e processadas minimamente, armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C (90%UR).

Observou-se que as diferenças entre as cinéticas das curvas de respiração dos produtos inteiros e foram maiores para as cenouras do que em relação às vagens. Tal fato pode

ser explicado pelo processo de descascamento e pela maior área transversal de corte das cenouras (2,5 a 4,0 cm diâmetro) comparado às vagens (1,0 cm diâmetro). Nas vagens cortadas, tanto a 1°C como a 5°C, as cinéticas de respiração não apresentam diferenças entre os produtos inteiros e cortados, apesar de suas taxas respiratórias serem mais elevadas do que as cenouras. Segundo BRECHT (1995), este aumento na taxa de respiração em tecidos de plantas que sofrem ferimentos, pode ser consequência do aumento da produção de etileno, o qual estimula a respiração. AMANATIDOU *et al.* (2000) e CHERVIN *et al.* (1994) constataram que cenouras processadas minimamente e armazenadas a 8°C, tiveram um rápido aumento na taxa de respiração, durante as primeiras horas de armazenamento, comprovando que o ferimento causado no processamento acelerou a respiração, fazendo com que a curva de respiração estivesse alta no início do armazenamento.

Conforme a Tabela 3, as taxas médias de respiração para as cenouras processadas minimamente, foram mais altas do que para os produtos inteiros. Comparando os valores médios de respiração, obtidos a 1°C e 5°C, observou-se que são diferentes aos obtidos por WATADA *et al.* (1996). Estes autores relataram taxas respiratórias para cenouras fatiadas a 2,5°C e 7,5°C iguais a 6,0 e 10,0 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente. Estes autores mediram a taxa respiratória sob fluxo contínuo, a uma velocidade de ar que impedisse uma concentração de CO₂ no interior do frasco, superior a 0,3%.

Tabela 3- Taxas de respiração e valores de Q₁₀ de cenouras ‘Brasília’ inteiras e processadas minimamente, armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C (90%UR).

Cenouras	Temperatura (°C)	Taxa de Respiração* (mgCO ₂ .kg ⁻¹ .h ⁻¹)	Q ₁₀ (1-11°C)
Inteiras	1	3,31	2,32
	5	4,52	
	11	7,69	
Cortadas	1	6,03	3,00
	5	9,70	
	11	18,07	

*Médias dos valores obtidos entre o 2° e o 12° dia de armazenamento.

A mesma diferença de valores da taxa de respiração obtida, também foi verificada em relação às determinadas por IZUMI *et al.* (1996) para cenouras processadas minimamente, comparando-se os processos de corte em fatias (4 mm largura, 50mm diâmetro) e em tiras (5 mm largura, 50 mm comprimento e variando a espessura com 2 e 4 mm) e armazenando-as a temperaturas de 0°C, 5°C e 10°C. Relataram que as taxas de respiração alcançaram o equilíbrio no oitavo dia. As cenouras fatiadas apresentaram a menor perda de água, sendo sua taxa de respiração igual a 4,95; 12,5 e 24,31 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹, respectivamente a 0°C, 5°C e 10°C. Dados gerais, relatados por DAY (2001), mostram valores para taxas de respiração de cenouras raladas, superiores aos obtidos no presente estudo, correspondendo a 11,29; 23,35 e 41,33 mgCO₂ kg⁻¹ h⁻¹, respectivamente para armazenamento a 0°C, 5°C e 10°C.

Diferenças nos valores de taxas respiratórias medidas em frutas e hortaliças podem ser explicadas por vários fatores como: variedade, estágio de desenvolvimento na colheita, composição química afetada pelas condições climáticas e práticas culturais (KADER, 1987).

No entanto, outro aspecto importante está relacionado à metodologia de medição da taxa de respiração. O sistema de fluxo contínuo envolve a passagem de uma taxa de fluxo de gás conhecida através de um recipiente com produto. Pela determinação da diferença entre a concentração inicial de O₂ e/ou CO₂ e aquela da saída do recipiente, é possível calcular a taxa de respiração. Neste método, erros sistemáticos podem ocorrer devido à dificuldade de se medir e controlar o fluxo de gás. Uma imprecisão deste método está ligada ao cálculo do fluxo de gás que passa pelo recipiente, o qual deve medir a diferença de concentração entre a entrada e a saída do gás do recipiente. Uma estimativa prévia da taxa de respiração deve ser feita para determinar este fluxo de gás. Como exemplo, temos a aplicação deste método por WATADA *et al.* (1996), o qual afirma que utilizou um fluxo contínuo a uma velocidade de ar que impedisse uma concentração de CO₂ no interior do frasco superior a 0,3%. IZUMI *et al.* (1996) calculou este fluxo para 100g de produto, utilizando uma velocidade de ar igual a 0,42; 0,54 e 0,90 L.h⁻¹, respectivamente, para as temperaturas de 0°C, 5°C e 10°C. Neste trabalho, esta velocidade foi calculada para 500 g de produto correspondendo a 1,3; 1,7 e 3,1 L.h⁻¹, respectivamente, para temperaturas de 1°C, 5°C e 11°C.

Os valores de Q₁₀ para cenouras inteiras e processadas minimamente, considerando a faixa de temperatura compreendida entre 1°C e 11°C, são apresentados na Tabela 3. Dentro desta faixa de temperaturas, verificou-se que ocorreu uma elevação de 2,32 e 3,0 vezes na taxa

de respiração, respectivamente, para as cenouras inteiras e processadas minimamente. IZUMI *et al.* (1996), encontrou valores de Q_{10} para cenouras processadas minimamente, entre 1,6 a 4,0 para temperaturas de 0°C e 10°C. Tais resultados comprovam a importância de se manter uma baixa temperatura em toda cadeia de comercialização, uma vez que, a redução do processo respiratório influencia diretamente o tempo de vida útil do produto.

Nas medições realizadas de etileno para as cenouras processadas minimamente durante os 14 dias de armazenamento, nas três temperaturas estudadas, a produção foi insignificante, não sendo detectada nas leituras do cromatógrafo, em virtude da sensibilidade do aparelho. LI & BARTH (1998), em estudo sobre a influência da cobertura comestível em cenouras processadas minimamente durante 14 dias, mediram uma produção de etileno de $0,084\mu\text{L g}^{-1} \text{h}^{-1}$. IZUMI *et al.* (1996) verificaram que a produção de etileno foi menor que $0,1\mu\text{L g}^{-1} \text{h}^{-1}$ nas temperaturas de 0°C, 5°C e 10°C, sendo similar para as cenouras cortadas em fatias ou em tiras. Através das Figuras 9 e 10 foram construídas as curvas para a determinação do coeficiente angular para o cálculo da energia de ativação (E_a) para as cenouras inteiras e processadas minimamente.

As E_a calculadas para as cenouras inteiras e processadas minimamente foram iguais a 54,60 e 69,82 kJ mol^{-1} , respectivamente. Observou-se que os valores da E_a calculados para as cenouras são compatíveis com os citados em literatura: alface=51,1; rabanete=71,4; couve-flor=57,3 (EXAMA *et al.*, 1993).

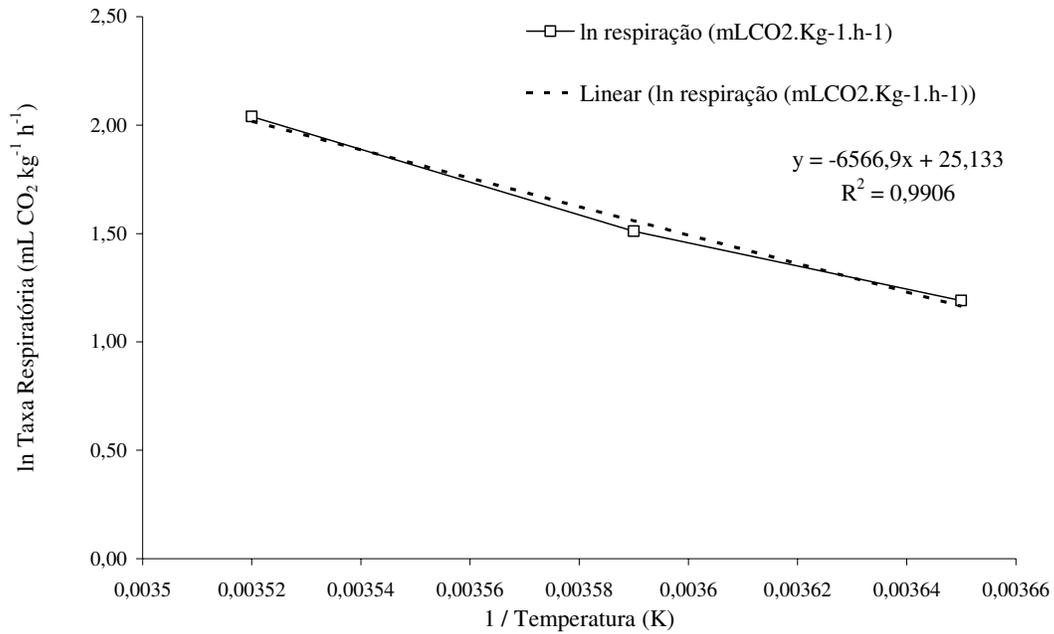


Figura 9- Curva de linearização da equação de Arrhenius para cenouras inteiras e armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C (90%UR).

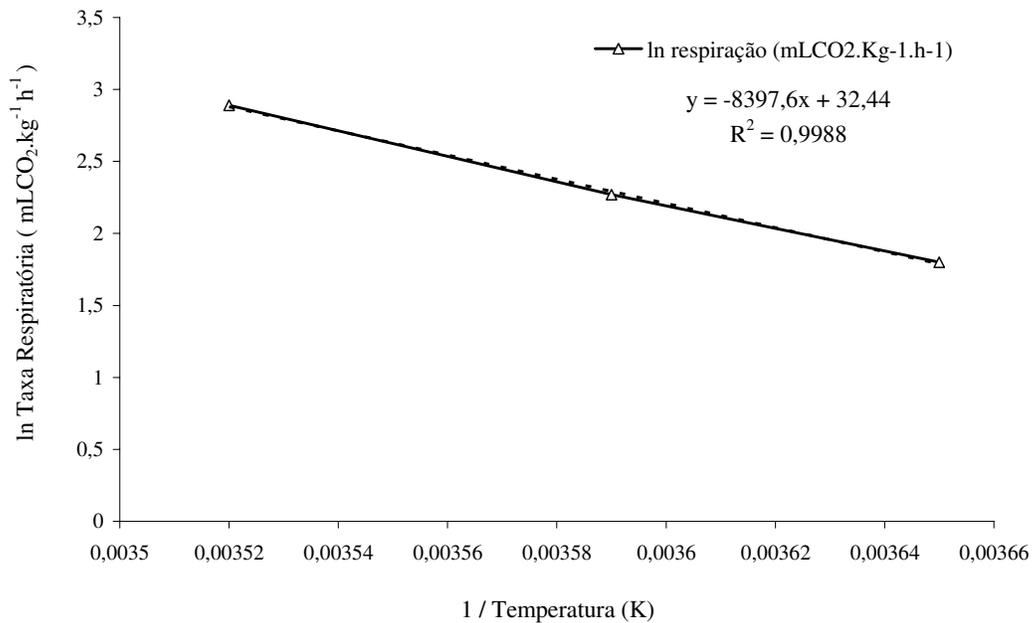


Figura 10- Curva de linearização da equação de Arrhenius para cenouras processadas minimamente e armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C (90%UR).

3.1.4 Conclusões

Os danos físicos causados nos tecidos vegetais pelo processamento mínimo aumentaram a taxa de respiração das hortaliças em relação ao produto inteiro.

O aumento na temperatura de armazenamento de 10°C, causou aceleração da taxa respiratória de 3 vezes nas cenouras processadas minimamente e, de 3,78 a 4,71 nos feijões-vagem processados minimamente.

A 1°C, a coloração superficial e da face de corte dos feijões-vagem processados minimamente, mantiveram-se inalterados durante o período de armazenamento, tanto nos produtos colhidos no verão como os no inverno. Nas cenouras processadas minimamente ocorreu esbranquiçamento, nas três temperaturas de armazenamento.

O armazenamento a 5°C e 11°C levou a alteração na coloração na face de corte dos feijões-vagem processados minimamente, caracterizada por coloração inicial marrom clara que se torna mais escura e com maior rapidez a 11°C.

As condições climáticas de verão ou de inverno durante a produção dos feijões-vagem afetou sua taxa de respiração pós-colheita, sendo, em média, 50% maior em todas as temperaturas de armazenamento, para os feijões-vagem processados minimamente colhidos na época de inverno. Os feijões-vagem de inverno apresentavam estágio fisiológico menos avançado.

O valor da energia de ativação (E_a) obtido para feijões-vagem processados minimamente variou entre 99,63 e 85,46 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, dependendo das condições climáticas durante o cultivo e para cenouras foi de 69,82 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$, enquanto que nos produtos inteiros foram de 87,73 e 54,60 $\text{kJ}\cdot\text{mol}^{-1}$ para feijões-vagem e cenouras, respectivamente.

3.2 EFEITO DE BAIXAS TEMPERATURAS SOBRE O METABOLISMO DE FEIJÃO-VAGEM MINIMAMENTE PROCESSADO

3.2.1 Introdução

A respiração de uma hortaliça minimamente processada é extremamente influenciada pela temperatura, por esse motivo é muito importante manter o produto à baixa temperatura durante o processamento, distribuição e locais de venda (SILVA *et al.*, 1999).

Segundo BRECHT (2001), temperaturas abaixo de 10°C podem minimizar os efeitos dos ferimentos causados no processamento e, assim, diminuir a aceleração de processos bioquímicos que conduzem à deterioração. O mesmo autor afirma que uma das considerações a respeito da “arte de preparação” de produtos como frutas ou hortaliças, minimamente processados, envolve o mínimo tempo entre a colheita e o consumo, bem como mantê-los a uma temperatura mínima (1-5°C), mesmo que a baixa temperatura impeça a obtenção do melhor aroma e sabor.

Geralmente a temperatura de conservação recomendada para vegetais minimamente processados está na faixa de 0°C a 8°C (AHVENAINEN, 1996). O`CONNOR-SHAW *et al.* (1994) afirmaram que frutas minimamente processadas podem ser conservadas a 4°C, a fim de prolongar seu tempo de conservação, apesar de terem verificado que a fruta inteira apresenta maior sensibilidade ao frio.

CANTWELL *et al.* (2002) e SALTVEIT (2002) afirmam que temperaturas muito baixas, próximas a 0°C, são muito recomendadas com o objetivo de se evitar uma rápida evolução microbiológica em produtos minimamente processados; mas encontraram restrições para certos produtos por causa de alguns distúrbios fisiológicos, como, alteração e aumento da respiração, amadurecimento anormal, perda de água acelerada, senescência, mudanças na coloração interna e pontos escuros na superfície.

Frutas e hortaliças podem apresentar sintomas de danos pelo frio, em virtude do metabolismo apresentar diferentes respostas a baixas temperaturas. Os produtos que são tolerantes a baixas temperaturas apresentam decréscimo na taxa de respiração com o

decréscimo da temperatura e mantêm sua atividade respiratória em equilíbrio com a glicólise (Lyons, citado em ROLLE & CHISM III, 1987).

Entretanto, alguns produtos conservados sob baixas temperaturas podem ser induzidos a dano pelo frio, caracterizado por aumento na taxa respiratória (KANG & LEE, 1997; WATADA & MORRIS, 1966a,b).

MERCADO-SILVA *et al.* (1998) afirmaram que as condições de crescimento (clima, solo) e variedade alteram a sensibilidade de frutas ao dano pelo frio. THOMAS & JOSHI (1988) observaram diferenças na susceptibilidade ao dano pelo frio em mangas Alfonso, colhidas em duas diferentes áreas. SALA (1998) estudou o envolvimento do *stress* oxidativo sobre o dano pelo frio de mandarina armazenada a 2,5°C. Observou que o sintoma se manifestou na forma de pontos escuros na superfície do produto, transformando-se da coloração marrom para preta com o aumento do dano.

CANTWELL & KASMIRE (2003) afirmam que o dano pelo frio é acumulativo e sua severidade depende da temperatura e tempo de exposição, sendo que a susceptibilidade de pepinos, berinjela, e vagens podem variar muito dependendo da variedade. As vagens podem apresentar manchas de coloração marrom na sua superfície externa. WATADA & MORRIS (1966b) relatam que o dano pelo frio em vagem foi constatado pelo surgimento de ferimentos visíveis na superfície e por um simultâneo aumento da respiração. Também relatam que em frutas mantidas continuamente sob temperaturas de dano pelo frio, sintomas visíveis aparecem somente quando as frutas estiverem com ferimento na superfície. A constatação dos sintomas pode ser apressada, transferindo-se o produto para uma temperatura mais alta.

Deste modo, por meio da avaliação da taxa de respiração, WATADA & MORRIS (1966a) estudaram a sensibilidade ao dano pelo frio da vagem inteira, quando expostas a temperaturas de 0,5°C; 5°C; 10°C; 15°C; 20°C e 25°C em um primeiro experimento, e as temperaturas de 0,5°C; 2,5°C; 5°C e 10°C em um segundo experimento, durante 0, 4, 8, 12, 14 e 16 dias de armazenamento, com subsequente transferência para 15°C, a fim de acelerar o surgimento dos sintomas. As vagens inteiras armazenadas a 2,5°C, apresentaram após a transferência para 15°C, a perda da coloração verde na superfície da casca, além de aumento na taxa metabólica, como conseqüência de alterações fisiológicas, causados pela exposição à baixa temperatura. Os sintomas de deterioração variaram conforme a temperatura de conservação. A 10°C e acima, a superfície do produto apresentou pequenas e leves depressões

e o brilho desapareceu. A 0,5°C e 2,5°C apareceram pontos escuros na superfície, coloração marrom e deterioração dos tecidos, com tempo de conservação maior a 10°C do que a 0,5°C ou 2,5°C.

Em outro estudo, WATADA & MORRIS (1966b) pesquisaram o comportamento pós-colheita de nove cultivares de vagem nas temperaturas de 5°C e 15°C, também medindo a taxa de respiração. As vagens armazenadas a 5°C apresentaram no 10º dia, um rápido aumento na taxa de respiração de 56 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ para 64mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹, caracterizando o sintoma de dano pelo frio. As cultivares de vagem que não se mostraram sensíveis ao frio aumentaram a taxa respiratória de 42 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ para 50mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ somente no 26º dia, sendo que após este aumento, ocorreu um declínio lento para 38 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ a 41mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹. Constataram também diferentes respostas entre as cultivares quanto à sensibilidade ao dano pelo frio.

TRAIL *et al.* (1992) estudaram a conservação de vagens inteiras acondicionadas em filme poliolefínico de baixa densidade, nas temperaturas de 5°C e 10°C. Os produtos armazenados a 10°C tiveram maior perda de peso do que a 5°C. A degradação da clorofila foi retardada a 5°C, durante o período de 16 dias de armazenamento. Os sólidos solúveis não foram influenciados durante os 16 dias de armazenamento a 10°C, enquanto a 5°C ocorreu significativa diminuição após decorridos 8, 12 e 16 dias.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a susceptibilidade da vagem processada minimamente (*Phaseolus vulgaris*, L.) ao dano pelo frio, quando armazenada em três diferentes temperaturas (1°C, 5°C e 11°C).

3.2.2 Material e Métodos

3.2.2.1 Feijão – Vagem

Foram utilizadas vagens (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Itatiba-II colhidas manualmente e selecionadas pelos seguintes aspectos: isentas de ferimentos, manchas. As vagens foram colhidas de produtor localizado na região de Jarinu (SP) na época de inverno (agosto), com temperatura média de produção de 19,9°C. Após a colheita, foram transportadas

ao (ITAL) à temperatura ambiente sendo armazenadas durante um dia a 11°C. As vagens foram colhidas imaturas aproximadamente após 115 dias da semeadura.

3.2.2.2 Etapas do Processamento Mínimo

O processamento mínimo foi realizado no ITAL, utilizando as instalações da área de Tecnologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas. As etapas do processo foram iguais às utilizadas no trabalho de medida da taxa respiratória.

3.2.2.3 Armazenamento

O experimento sobre dano pelo frio foi conduzido nas mesmas condições utilizadas no da respiração. No entanto, utilizou-se também uma câmara cuja temperatura foi mantida a $25\pm 1^\circ\text{C}$, utilizada como ambiente para a recepção dos produtos armazenados sob as diferentes temperaturas de 1°C, 5°C e 11°C (85-90%UR).

3.2.2.4 Taxa de Respiração

A taxa respiratória foi determinada utilizando-se o mesmo sistema aplicado nos trabalhos relativos à determinação da taxa respiratória para as vagens inteiras e processadas minimamente. Neste trabalho, além da determinação da taxa respiratória a 1°C, 5°C e 11°C, foi realizado também, a 25°C, levando a definição de uma curva padrão de respiração a esta temperatura.

As determinações da taxa de respiração nas vagens a 25°C foram iniciadas, no dia posterior ao processamento mínimo, com medições diárias, até o produto se apresentar com aparência avançada de deterioração. A taxa respiratória dos produtos armazenados a 1°C, 5°C e 11°C foi medida em intervalos de 2 dias até o 12º dia. Após a transferência para a temperatura ambiente, a respiração era medida diariamente, até os produtos se encontrarem em um estágio avançado de senescência.

3.2.2.5 Planejamento Experimental

Nos experimentos referentes ao dano pelo frio, nas vagens processadas minimamente, as medidas da respiração a 25°C foram feitas em quadruplicata. Nos produtos armazenados a 1°C, 5°C e 11°C em triplicata e após a transferência para 25°C. Para análise estatística dos dados foram utilizados a ANOVA (análise de variância) e teste de Tukey (5% de significância).

3.2.3 Resultados e Discussão

As alterações na taxa de respiração das vagens processadas minimamente, quando armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C e após transferência para ambiente a 25°C, são mostradas nas Figuras 11, 12 e 13.

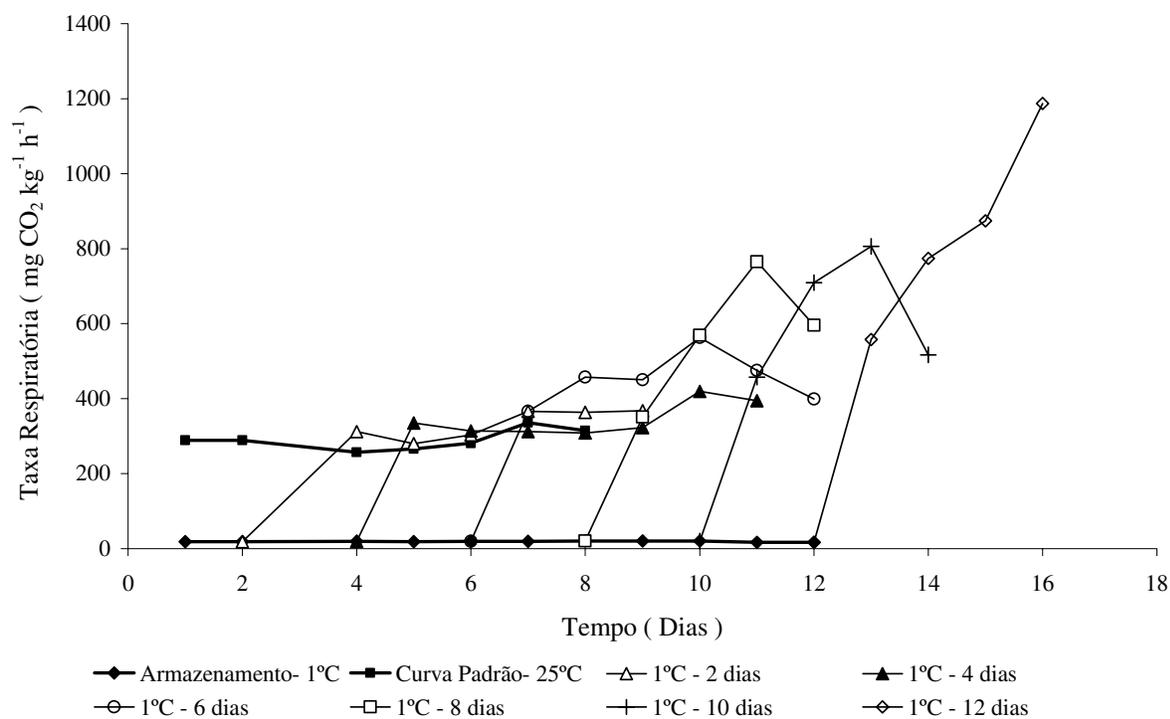


Figura 11- Taxa de respiração de vagens processadas minimamente, armazenadas a 1°C e a 25°C e depois de transferidas para 25°C.

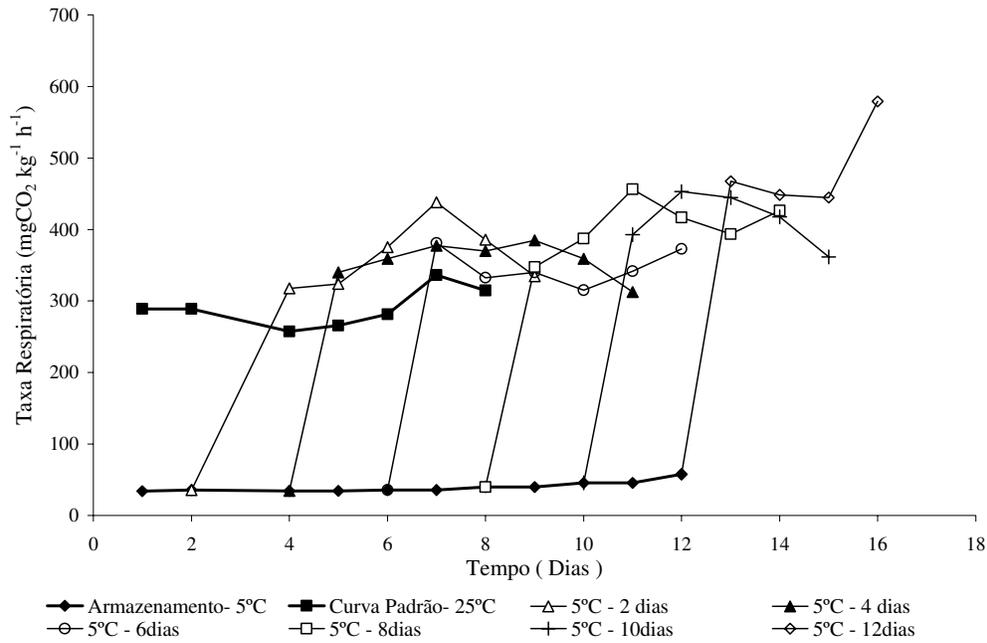


Figura 12- Taxa de respiração de vagens processadas minimamente, armazenadas a 5°C e a 25°C e depois de transferidas para 25°C.

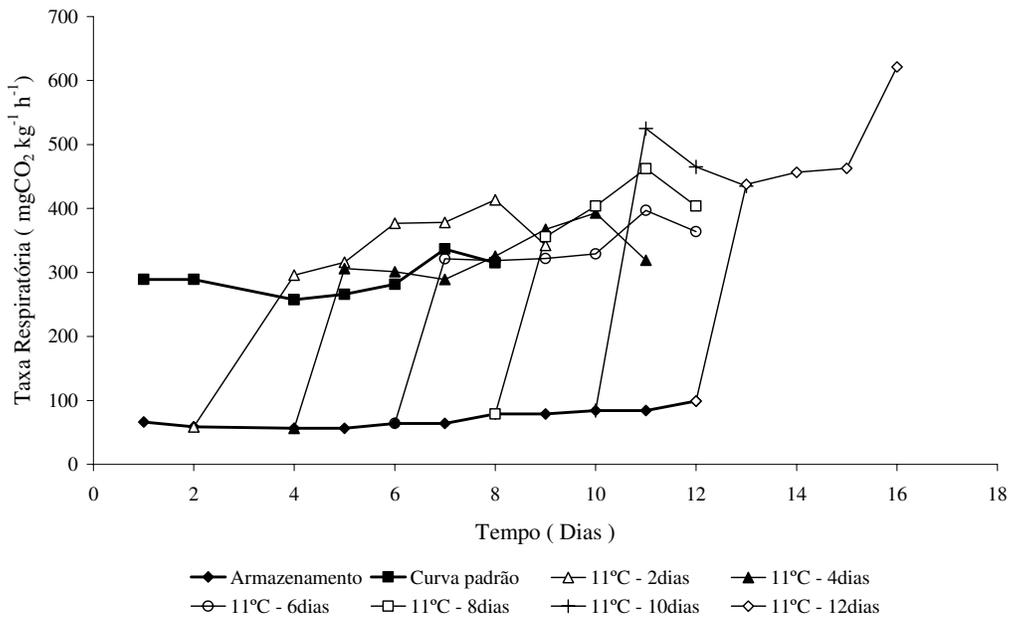


Figura 13- Taxa de respiração de vagens processadas minimamente, armazenadas a 11°C e a 25°C e depois de transferidas para 25°C.

As taxas respiratórias foram mais altas para as vagens armazenadas a 5°C e 11°C (Tabela 4). A análise visual das vagens armazenadas a 1°C indicou que a coloração verde foi mantida sem escurecimento na face de corte até o 12º dia, que ocorreu, no 9º dia a 5°C e no 6º dia a 11°C. Nas vagens conservadas a 25°C verificou-se, após dois dias, o surgimento de pontos com coloração marrom na face de corte, além de regiões aquosas na superfície. A deterioração do produto foi rápida e acelerada, com escurecimento completo da superfície de corte (Figura 14).

Tabela 4- Taxa de respiração* de vagem processada minimamente $\text{mgCO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ e armazenadas a 1°C, 5°C, 11°C e 25°C.

Temperatura (°C)	Dias de Armazenamento						
	1	2	4	6	8	10	12
1	18.18 d	19.00 d	19.61 d	19.49 d	20.58 d	20.66 c	17.07 c
5	34.10 c	35.61 c	34.33 c	35.55 c	39.87 c	45.55 b	57.90 b
11	66.44 b	58.55 b	56.25 b	64.61 b	79.72 b	81.10 a	76.67 a
25	289.06 a	288.95 a	257.55 a	281.31 a	314.89 a		
C.V.	4.47	3.07	3.45	4.14	4.36	6.28	6.46
D.M.S.	11.92	8.06	8.30	10.43	12.02	19.87	19.71

*Média dos valores obtidos entre o 2º e o 12º dia de armazenamento. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey \leq 0,05).

Esta diferença na velocidade de ocorrência do escurecimento também foi observada por BOLIN *et al.* (1977) ao verificar que alfaces processadas minimamente, armazenadas a 2°C, apresentam inibição de escurecimento enzimático. Resultado semelhante também foi observado por KIM & KLIEBER (1997), ou seja, que a 0°C o escurecimento em repolho chinês processado minimamente foi mais lento do que a 5°C.



Figura 14- Aparência de vagens processadas minimamente mantidas a 25°C, após 4 dias de armazenamento.

Analisando-se a taxa de respiração das vagens quando transferidas de 1°C para 25°C (Figura 11), observou-se que as curvas de respiração para os produtos transferidos no 2° e 4° dias, acompanharam a curva de respiração do padrão de vagens a 25°C. Tal fato é comprovado pela semelhança entre o valor médio da taxa de respiração a 25°C ($290,57 \text{ mgCO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$) e os valores médios $332,20 \text{ mgCO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$ e $343,80 \text{ mgCO}_2.\text{kg}^{-1}.\text{h}^{-1}$, respectivamente obtidos no 2° e 4° dias (Tabelas 32a e 35a). As vagens transferidas a partir do 6° dia, de 1°C para 25°C, tiveram um aumento acentuado da taxa de respiração, e esta elevação aumentou com a transferência no 8°, 10° e 12° dias.

Durante a conservação a 25°C, as vagens apresentaram uma coloração opaca e houve rápida deterioração dos tecidos, a partir da face de corte. Os produtos transferidos no 8° e 10° dias, após um rápido aumento na taxa de respiração, apresentaram redução na taxa de respiração, caracterizando a deterioração observada visualmente (Figura 15).



Figura 15- Aparência de vagens processadas minimamente mantidas a 1°C, 5°C e 11°C durante 8 dias, e depois de transferidas e mantidas a 25°C por 3 dias.

O armazenamento a 1°C durante quatro dias não levou a dano pelo frio, confirma o binômio tempo/temperatura para a manifestação de sintomas de danos pelo frio em vagens processadas minimamente. Tal relação (4 dias/1°C) também está de acordo com o afirmado por CANTWELL (2000) e CANTWELL & KASMIRE (2003), ou seja, que os sintomas típicos de dano pelo frio, em diferentes cultivares de vagens, indicam diferença significativa em sua susceptibilidade. Desta forma, relatam que elas podem ser mantidas durante dois dias a 1°C, quatro dias a 2,5°C, ou 8-10 dias a 5°C, antes de apresentarem sintomas de descoloração da cor verde e conseqüente, surgimento de uma cor opaca em toda superfície. A 10°C a coloração manteve-se normal.

A curva de respiração mostrada na Figura 11, permite verificar que o dano pelo frio, não se manifestou nas vagens processadas minimamente, durante o armazenamento a 1°C. Somente foi possível verificar a sua ocorrência, após as vagens serem transferidas para 25°C.

Na Figura 12, pode-se observar que o metabolismo das vagens transferidas de 5°C para 25°C, aumentaram para acima da curva padrão apresentada a 25°C, sendo que esta maior intensidade pode ter sido originada pelo escurecimento da face de corte. Fato semelhante ao que aconteceu no processo metabólico com as vagens transferidas da temperatura de 5°C para 25°C, pode ser estendido para as vagens transferidas da temperatura de armazenamento de 11°C. Segundo CANTWELL (2000), o escurecimento no corte pode facilitar o desenvolvimento de microrganismos de deterioração e conseqüentemente acelerar a senescência do produto.

Nas taxas médias de respiração, para as três diferentes temperaturas de conservação foi verificado que a 1°C, a taxa de respiração para as vagens processadas minimamente apresentou-se constante ao longo dos 12 dias de conservação, cujo valor médio é igual a 19,20mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹ (Tabela 4). Para a temperatura de 5°C, a taxa de respiração apresenta-se praticamente constante até o sétimo dia, cujo valor médio é igual a 34,90mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹, variando de forma crescente a partir do 8º dia com acréscimo de 39,7% até o 12º dia. De forma semelhante, pode-se observar para a temperatura de 11°C um aumento na taxa de respiração significativa a partir do 6º dia, mantendo-se de forma crescente até o 12º dia, resultando em um aumento de aproximadamente 35,6% dentro desse período. Tais fatos podem ser explicados pela alteração fisiológica ocorrida no produto, devido ao processo de escurecimento observado visualmente.

Os valores de respiração obtidos são compatíveis com os resultados observados por WATADA & MORRIS (1966b) no qual a taxa de respiração de vagens inteiras mantidas a 5°C foi de 33-40 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹. Resultados semelhantes também foram obtidos por CANTWELL (2000), sendo que a taxa de respiração para vagem inteira a 0°C e 5°C são respectivamente, de 19,8 e 33 mgCO₂.kg⁻¹.h⁻¹.

3.2.4 Conclusões

Recomenda-se para vagem minimamente processada da cultivar Itatiba II e colhida no inverno, a conservação a 1°C durante um período máximo de quatro dias, sem que ocorra o aparecimento de dano causado pelo frio.

A temperatura mínima para conservação deste produto, sem causar-lhe danos pelo frio, foi de 5°C, durante todo o período avaliado.

Alterações como o escurecimento enzimático apresentado na face de corte, aumentam a taxa de respiração do produto, acelerando a senescência quando transferidos para uma temperatura mais alta.

3.3 INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA E DA ATMOSFERA MODIFICADA NA CONSERVAÇÃO DE CENOURA MINIMAMENTE PROCESSADA

3.3.1 Introdução

Quando frutas ou hortaliças são colocadas no interior de embalagens, elas tendem a modificar a atmosfera em que estão, sendo que a concentração de oxigênio no espaço livre da embalagem tende a decrescer e a concentração de gás carbônico a se elevar (KAKIOMENOU *et al.*, 1996; AMANATIDOU *et al.*, 2000).

Desta maneira, a atmosfera modificada é criada passivamente no interior da embalagem, onde se estabelece uma atmosfera de equilíbrio em função de um estado de equilíbrio entre a difusão de gases através da embalagem e da respiração das hortaliças.

A diminuição do O₂ e a elevação do CO₂ exercem efeitos independentes e, em muitos casos, sinérgicos sobre a respiração e sobre outros processos metabólicos (CAMERON *et al.*, 1995). A velocidade da respiração se reduz com baixos teores de O₂ e certas concentrações de CO₂ (KATO-NOGUSHI & WATADA, 1996 e 1997). Baixos teores de O₂ reduzem a produção de etileno nos tecidos vegetais. Altos teores de CO₂ inibem tanto a síntese como a ação de etileno, acelerador de maturação e causador de injúrias fisiológicas (KING *et al.*, 1989; LAFUENTE *et al.*, 1996).

Entretanto, concentrações muito baixas de O₂ ou muito altas de CO₂ ou uma relação CO₂/O₂ muito alta pode levar à respiração anaeróbia e a desordens fisiológicas, a exemplo de: amadurecimento irregular, desenvolvimento de sabor e odor estranhos e aumento da susceptibilidade à deterioração. O desenvolvimento de sabor estranho ocorre em consequência da respiração anaeróbia que provoca um acúmulo de etanol, acetaldeído e certos ácidos orgânicos. Geralmente isto ocorre em teores de O₂ abaixo de 2% e teores de CO₂ acima de 20%. Nas embalagens de vegetais a anaerobiose, além de estar associada a injúrias fisiológicas, é indesejável, pois cria um risco de crescimento de microrganismos patogênicos anaeróbios, como o *Clostridium botulinum*. A ocorrência da condensação de água na superfície interna da embalagem é outro processo de grande risco durante a comercialização,

podendo levar à deterioração e reduzindo a visibilidade atrativa do produto no interior da embalagem.

Esta condensação resulta em uma fina camada de água na superfície do produto e no filme da embalagem, a qual dificulta a difusão dos gases e facilita a invasão de patógenos. Este problema é especialmente crítico em hortaliças minimamente processadas, uma vez que possuem grande superfície danificada e sem a proteção de casca (BEN-YEHOSHUA *et al.*, 2001).

CARLIN *et al.* (1990) estudaram a aplicação da atmosfera modificada em cenouras raladas e armazenadas a 10°C, acima de 12 dias. Os resultados mostraram que os filmes de alta permeabilidade a O₂ (aproximadamente 22.000cm³O₂ m⁻² dia⁻¹ atm⁻¹ a 25°C) permitiram melhor conservação, com considerável redução dos fatores responsáveis pela fermentação como, produção de etanol e crescimento de bactérias lácticas. Cenouras armazenadas em filmes com baixa permeabilidade desenvolveram respiração anaeróbia.

LEE *et al.* (1996) estudaram a influência de uma embalagem de polietileno de baixa densidade (PEBD) com 27µm de espessura, na manutenção de atmosfera modificada de 2,0-2,1% O₂ e 5,5 – 5,7% CO₂ para uma mistura de hortaliças processadas minimamente que consistia de 75g de cenoura, 55g de pepino, 55g de alho fatiado e 50g de pimentão verde. Verificaram que a embalagem proporcionou melhor conservação da qualidade para todas as hortaliças. Após 9 dias de conservação a 10°C, constataram perda de massa de 1,0 ± 0,1% para o produto embalado com PEBD enquanto que o controle sem embalagem perdeu 5,1 ± 0,2%, e aparência murcha e enrugada após 9 dias.

SODE & KÜHN (1998) analisaram a influência de diferentes concentrações iniciais de O₂ e CO₂ em cenouras fatiadas, embaladas em sacos plásticos com diferentes taxas de permeabilidade e armazenadas a 5°C, durante 10 dias. Os resultados mostraram que em todos os tratamentos houve uma diminuição da concentração interna de O₂, ocorrida entre o 3º e o 10º dia. Verificaram que o alto metabolismo das cenouras cortadas requer uma embalagem com alta permeabilidade, a fim de assegurar o fornecimento de oxigênio e evitar o metabolismo anaeróbio; a taxa de respiração mostrou-se ser muito dependente da concentração de O₂, ao contrário da concentração de CO₂ que não a influenciou.

Segundo BEAUDRY (1999), cada produto apresenta determinada sensibilidade para as concentrações de O₂ e CO₂, as quais devem ser respeitadas, a fim de não causarem danos à qualidade.

O objetivo deste trabalho com cenoura processada minimamente foi verificar quanto a temperatura e a embalagem, com diferentes permeabilidades ao oxigênio e gás carbônico, podem influir na deterioração de cenouras processadas minimamente.

3.3.2 Material e Métodos

3.3.2.1 Cenouras

Foram utilizadas cenouras (*Daucus carota*) da variedade Brasília, classificadas como tipo A, produzidas na região de São Gotardo. As cenouras foram transportadas acondicionadas em caixas de papelão à temperatura ambiente até a (CEAGESP), de onde foram levadas até o ITAL, sendo armazenadas a temperatura de 1,0°C durante 1 dia até o início do processamento mínimo. As cenouras foram colhidas após 90 a 95 dias da semeadura.

3.3.2.2 Etapas do Processamento Mínimo

O processamento mínimo foi realizado no ITAL, utilizando as instalações da área de Tecnologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas. As etapas do processo foram iguais às utilizadas no trabalho de medida da taxa respiratória das cenouras.

3.3.2.2.1 Embalagem Plástica

Neste trabalho porções de 200g de cenouras processadas minimamente foram colocadas nas bandejas de poliestireno expandido envolvidas com 2 tipos de embalagens:

- Sacos plásticos de filme de polietileno de baixa densidade (18 x 25 cm) - PEBD, com 25µm de espessura. A termossoldagem foi feita em uma seladora por impulso elétrico (Haramura);

- Sacos plásticos de filme de poliolefínico coextrusado (18 x 25cm), tipo Clysar AFG, fabricado pela DuPont, com 37µm de espessura. A termossoldagem foi feita na seladora por impulso elétrico.

Tabela 5- Características dos filmes utilizados no acondicionamento da cenoura processada minimamente.

Embalagem	Taxa de Permeabilidade a 25°C e 1 atm (cm ³ (CNTP) m ⁻² dia ⁻¹)		Área de permeação (cm ²)
	O ₂	CO ₂	
Clysar AFG 37 µm	12.232	52.945	540
PEBD – 25 µm	8.576	43.383	540
	Taxa de Permeabilidade ao Vapor de Água (TPVA) a 38°C e 90%UR (g água m ⁻² .dia ⁻¹)		
Clysar AFG 37 µm	37,5		
PEBD – 25 µm	19,0		

TPO₂ - taxa de permeabilidade a 25°C, expressa em cm³ (CNTP) m⁻².dia⁻¹.

TPCO₂ - taxa de permeabilidade a 25°C, expressa em cm³ (CNTP) m⁻².dia⁻¹.

TPVA - taxa de permeabilidade ao vapor de água.

3.3.2.2 Armazenamento

Este trabalho foi conduzido nas mesmas condições de armazenamento utilizadas no experimento da respiração de cenouras.

3.3.2.3 Composição da Atmosfera Modificada

A composição da atmosfera no interior das embalagens de cenouras foi determinada em 5 diferentes épocas (3, 5, 7, 10 e 14 dias) durante o armazenamento, sendo quantificados os teores de dióxido de carbono e oxigênio.

A técnica utilizada baseou-se na coleta de alíquotas de 30 ml de gás do espaço-livre, através de septo colado na embalagem, que era analisada por um analisador de gás

Dansensor® (PBI), modelo Combi Check 9800-1, com sensores de oxigênio e gás carbônico. Os resultados foram expressos em termos de porcentagem de volume de gás.

3.3.2.4 AA

Foi calculado através da redução de 2,6-diclorofenol indofenol de sódio (DCFI-Na) pelo ácido ascórbico (AA), tendo-se o ponto final da titulação detectado pela viragem da solução de incolor para rosa, ou seja, quando a primeira gota de solução de DCFI é introduzida no sistema. Na titulação empregou-se uma solução de 2,6-diclorofenol indofenol de sódio (DCFI-Na), que foi preparada diluindo-se 50mg deste em 50mL de água destilada contendo 42mg de NaHCO₃. Trabalhou-se com solução-padrão de ácido ascórbico, contendo 50mg deste ácido dissolvidas em 10 mL de extrato, obtida pela centrifugação de 10g. de cenoura para cada repetição (CARVALHO et al., 1990).

As concentrações de AA foram determinadas após o processamento e após 3, 7, 10 e 14 dias de armazenamento nas câmaras frias. O resultado foi expresso em mg AA.100g⁻¹.

3.3.2.5 SST

O teor de sólidos solúveis totais, expresso em °Brix, foi determinado em um refratômetro tipo Atago ATC-1E com escala de 0 a 32°Brix, a partir de 1 mL de suco celular da amostra, obtido através de centrifugação. Para a determinação dos teores de sólidos solúveis totais foram realizadas aos 0, 3, 5, 7, 10 e 14 dias de armazenamento em câmara fria (CARVALHO et al., 1990).

3.3.2.6 pH

Determinado potenciométricamente utilizando-se pHmetro Mettler Toledo-320, com leitura direta no suco da amostra obtido pela centrifugação de 50g do produto (CARVALHO et al., 1990). As análises de pH foram realizadas aos 0, 3, 7, 10 e 14 dias de armazenamento em câmara fria.

3.3.2.7 Acidez Titulável

Foi determinada nas amostras anteriormente preparadas para determinação de pH, empregando-se NaOH (0,1N) para titulação até pH 8,1. Os resultados foram expressos em gramas de ácido málico 100mL^{-1} (CARVALHO et al., 1990). As análises de acidez foram realizadas aos 0, 3, 5, 7, 10 e 14 dias de conservação em câmara fria para todos tratamentos conforme detalhado.

3.3.2.8 Esbranquiçamento

O índice de esbranquiçamento (WI) nas cenouras foi realizada com Colorímetro Minolta CR 200 (Minolta Camera Co., Japan) através da determinação dos seguintes parâmetros: L^* ; a^* , que indica a cromaticidade no eixo X, da cor verde (-) para a vermelha (+); e b^* , que indica a cromaticidade no eixo Y, da cor azul (-) para a amarela (+). A calibração do colorímetro foi feita com RSEX padrão branco nº 6299 de 03196 ($X= 77,46$; $Y= 82,08$; $Z= 88,38$).

O índice de esbranquiçamento sobre a superfície das cenouras foi avaliado após o término do processamento e após 3, 7, 10 e 14 dias de armazenamento. As avaliações eram realizadas em 10 fatias retiradas aleatoriamente de cada uma das repetições. Em cada fatia foram feitas 2 medições, abrangendo toda a superfície da cenoura, obtendo-se a média de 20 determinações. A partir dos valores de L^* , a^* e b^* obtidos para as cenouras, foi calculado os valores do WI segundo AVENA-BUSTILOS *et al.* (1993):

$$WI = 100 - \left((100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2} \right)^{0,5} \quad (6)$$

3.3.2.9 Avaliação Microbiológica

Os microrganismos gerais analisados neste trabalho foram a contagem total de bolores e leveduras e de coliformes totais. A presença destes microrganismos em número elevado indica práticas sanitárias inadequadas (processo/armazenamento), matéria-prima de

má qualidade, e provável presença de patógenos (SILVEIRA, 2003). As cenouras apresentam $\text{pH} > 4,5$ o que proporciona condições mais favoráveis ao desenvolvimento de bactérias.

Foram utilizadas 25g de amostras das embalagens de cada tratamento, preparando-se as amostras com homogeneizador de pistão, tipo Stomacher (Blend 400) e diluindo -se cada amostra em 225mL de tampão fosfato $\text{pH}=7,0$ durante 1 minuto. A partir desta amostra foram preparadas diluições decimais sucessivas e realizados os exames microbiológicos descritos:

Contagem total de coliformes totais: optou-se por esta análise utilizar um método rápido, com o emprego do kit PETRIFILM 6410 (3M) para coliformes totais, que depois de inoculado foi incubado a 35°C por 48h, seguindo-se o procedimento descrito por SILVA *et al.* (2001).

Contagem total de bolores e leveduras: utilizou-se a técnica tradicional de plaqueamento em superfície no meio de cultivo Ágar Dicloram de Bengala Cloranfenicol (DRBC), com incubação por 3 a 5 dias, a 25°C (SILVA *et al.*, 2001).

3.3.2.10 Planejamento Experimental

Neste trabalho com cenouras processadas minimamente e armazenadas em diferentes embalagens e temperaturas, as análises químicas e físicas foram realizadas em quadruplicata. A montagem dos experimentos foi inteiramente casualizada, sendo que para a análise estatística dos dados foi utilizada a ANOVA (análise de variância) e teste de Tukey (5% de significância).

3.3.3 Resultados e Discussão

3.3.3.1 Gases

Nas Figuras 16 e 17 são mostradas, respectivamente, as alterações nos teores de oxigênio e gás carbônico no interior das embalagens, após 3 a 14 dias.

A Figura 16 indica que há uma queda acentuada no teor de oxigênio no interior das embalagens nos 3 primeiros dias. Os fermentos causados no processamento mínimo podem ser a causa da aceleração da taxa de respiração, ocasionando maior consumo de O_2 . É possível observar que esta redução no teor de oxigênio foi menor nas embalagens mantidas a 1°C , com

sensível diferença para as cenouras embaladas com Clysar AFG, pois, a maior permeabilidade ao oxigênio deste filme permitiu maior difusão deste gás para o interior da embalagem.

Resultados semelhantes foram observados por IZUMI et al. (1996) quando estudaram a taxa de respiração ao ar de cenouras cortadas em rodelas, a 0°C, 5°C e 10°C. Comprovaram maior consumo de O₂ a 10°C (31,0 mL.kg⁻¹.h⁻¹) que a 5°C (8,5 mL.kg⁻¹.h⁻¹) e que a 0°C (3,9 mL.kg⁻¹.h⁻¹).

Neste trabalho, os teores de oxigênio no interior da embalagem, após o quinto dia, permaneceram entre 13% e 15% no Clysar AFG enquanto no filme PEBD, os teores permaneceram entre 5% e 10%, em virtude dele ser maior barreira à difusão do oxigênio (Tabelas 37a e 38a).

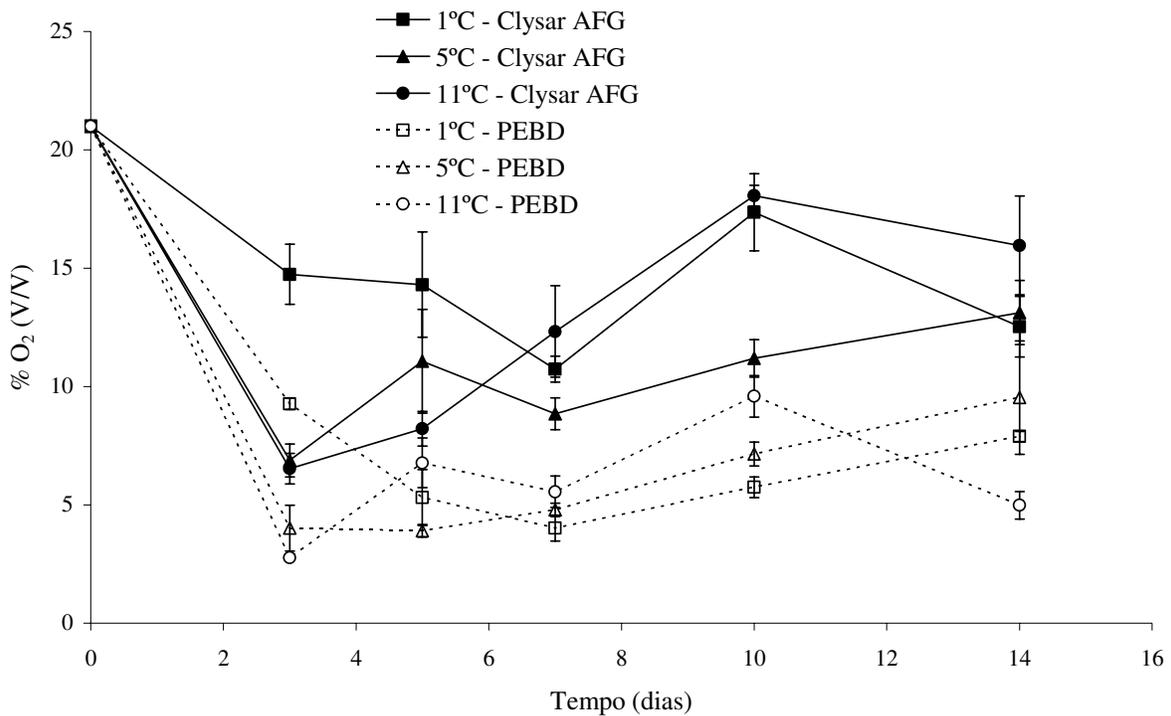


Figura 16- Teor de oxigênio no interior de diferentes embalagens e temperaturas: Clysar AFG a 1°C; PEBD 25µm a 1°C; Clysar AFG a 5°C; PEBD 25µm a 5°C; Clysar AFG a 11°C; PEBD 25µm a 11°C, contendo cenouras processadas minimamente.

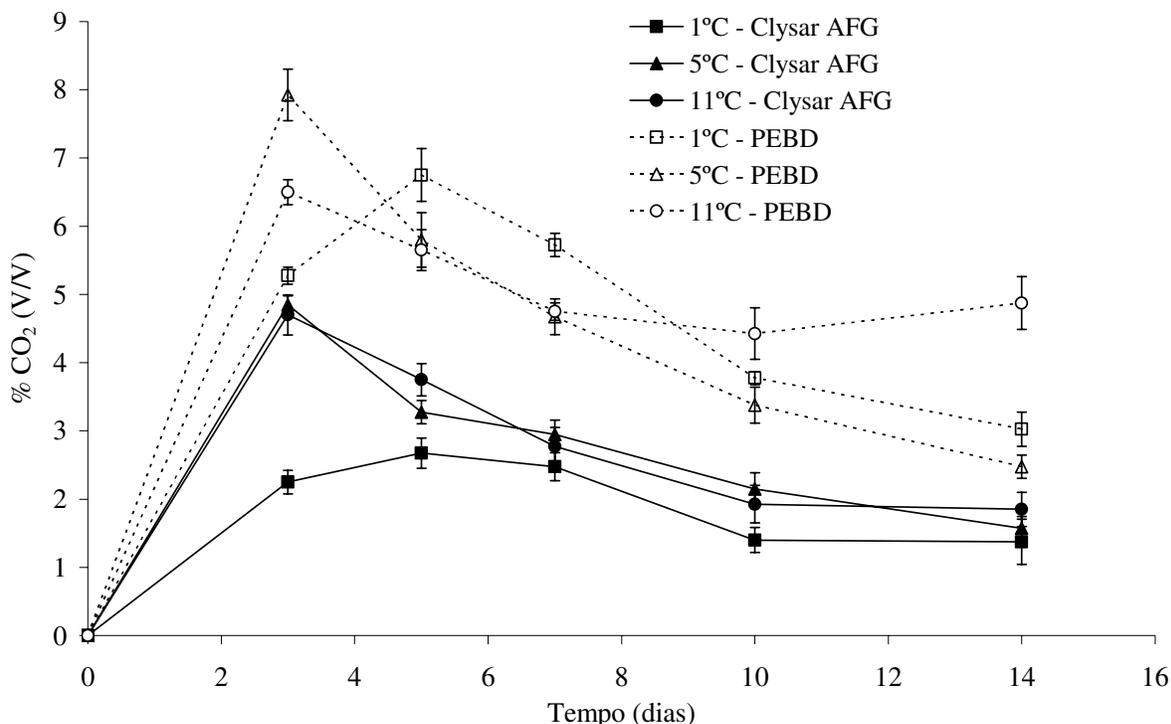


Figura 17- Teor de gás carbônico no interior de diferentes embalagens e temperaturas: Clysar AFG a 1°C; PEBD 25µm a 1°C; Clysar AFG a 5°C; PEBD 25µm a 5°C; Clysar AFG a 11°C; PEBD 25µm a 11°C, contendo cenouras processadas minimamente.

Na Figura 17, pode ser observado que os teores de gás carbônico foram maiores nas embalagens de PEBD, pois, enquanto na Clysar AFG o teor de gás carbônico foi de 1,0% a 1,85%, na com PEBD era de 3,0% a 4,8%, após 14 dias (Tabelas 37a e 38a).

Estudos realizados por CARLIN *et al.* (1990a) comprovaram que atmosferas contendo 2% a 10% de O₂ e 10% a 40% CO₂ mantiveram o teor de açúcares em cenouras processadas minimamente e que atmosferas contendo 6% de O₂ e 21% CO₂ em embalagens com filme de alta permeabilidade, mantiveram a qualidade de cenouras processadas minimamente armazenadas a 10°C durante 12 dias (CARLIN *et al.*, 1990b). De forma semelhante, as atmosferas resultantes no interior das embalagens testadas no presente trabalho, não alcançaram os valores críticos, ou seja, 1% O₂ e 30% CO₂ (CARLIN *et al.*, 1990a), não se observando, portanto, o aparecimento dos odores estranhos, normalmente associados à respiração anaeróbica.

3.3.3.2 AA, pH, SST, Acidez Titulável

Observou-se uma enorme diminuição (54%) do teor de ácido ascórbico dos produtos após 3 dias de armazenamento, conforme o indicado na Tabela 6. Esta perda foi gradual no restante do período de armazenamento, atingindo a média de 79%, após 14 dias. Tal fato, foi constatado por ALBRECHT *et al.*(1990), onde a perda de ácido ascórbico variou de 56% a 98% em seis cultivares de brócolis armazenados a 2°C durante 3 semanas e por HEIMDAL *et al.* (1995) que verificaram diminuição muito rápida no teor de ácido ascórbico em alfaces, após o processamento mínimo. BARRY-RYAN & O'BEIRNE (1998) atribuem a perda de ácido ascórbico em cenouras fatiadas e armazenadas a 8°C com embalagem de PEBD, devido à oxidação do tecido celular, o qual é acelerada na presença de oxigênio e de pH alcalino.

Tabela 6- Teor de AA em cenouras processadas minimamente (mg ácido ascórbico.100g⁻¹), mantidas sob diferentes embalagens e temperaturas: Clysar AFG a 1°C; PEBD 25µm a 1°C; Clysar AFG a 5°C; PEBD 25µm a 5°C; Clysar AFG a 11°C e PEBD 25µm a 11°C.

Tratamentos	Dias de Armazenamento					
	0	3	5	7	10	14
Clysar AFG a 1°C	26,72	12,78a	9,10a	6,06a,b	6,50a	5,70a
PEBD 25µm a 1°C		12,84a	9,12a	5,55b	5,23a	5,70a
Clysar AFG a 5°C		13,83a	9,15a	6,70a,b	6,60a	5,65a
PEBD 25µm a 5°C		10,36a	9,06a	6,80a	5,43a	5,28a
Clysar AFG a 11°C		10,35a	8,60a	6,98a	6,25a	5,53a
PEBD 25µm a 11°C		12,78a	9,60a	7,03a	5,90a	5,50a
C.V.	15,31	15,59	10,46	8,22	21,3	5,94
D.M.S.	9,19	4,25	2,14	1,2	2,86	0,74

*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey \leq 0,05).

Os resultados apresentados com as respectivas comparações de médias, mostrados nas Tabelas 7, 8 e 9, para valores médios de pH, acidez titulável e sólidos solúveis,

respectivamente, indicam que houve diferença estatística significativa entre estes parâmetros durante o período de armazenamento.

Os valores de pH aumentaram em média 0,26 unidades após 14 dias de armazenamento. KAKIOMENOU *et al.* (1996) verificaram diminuição no pH em cenouras processadas minimamente, quando armazenadas a 10°C, o que foi atribuído ao maior desenvolvimento de bactérias produtoras de ácido láctico. Segundo JACXSENS *et al.* (2003), aumento no pH é típico para hortaliças, nas quais bactérias Gram-negativas (*Erwinia*, *Pseudomonas*) dominam a flora de deterioração. Pesquisas realizadas por KATO-NOGUCHI & WATADA (1997) em cenouras embaladas em filmes plásticos, cujo teor de oxigênio nas atmosferas ficaram entre 0,5 kPa e 2 kPa, o pH diminuiu de 0,3 a 0,4 unidades. Isto indica que as atmosferas no interior das embalagens influenciam o desenvolvimento de diferentes microrganismos, que por sua vez, podem modificar o pH dos tecidos das cenouras.

A Tabela 8 indica que houve aumento maior dos sólidos solúveis de 7,3°Brix - 7,6°Brix em 3 – 5 dias, seguida de queda a partir do 5° dia para 7,25°Brix.

Tabela 7- pH de cenouras processadas minimamente e mantidas sob diferentes embalagens e temperaturas: Clysar AFG a 1°C; PEBD 25µm a 1°C; Clysar AFG a 5°C; PEBD 25µm a 5°C; Clysar AFG a 11°C e PEBD 25µm a 11°C.

Tratamentos	Dias de Armazenamento					
	0	3	5	7	10	14
Clysar AFG a 1°C	5,92	6,02 b,c	6,04 b	6,00 b	6,18 b,c,d	6,21 a,b,c
PEBD 25µm a 1°C		6,01 c	6,00 a	6,15 a,b	6,21 b,c	6,13 c
Clysar AFG a 5°C		6,11 a,b	6,05 a	6,23 a	6,29 a	6,26 a,b
PEBD 25µm a 5°C		6,08 a,b,c	6,02 a	6,22 a	6,23 a,b	6,27 a
Clysar AFG a 11°C		6,12 a,b	6,06 a	6,19 a,b	6,13 a,b	6,17 b,c
PEBD 25µm a 11°C		6,12 a,b	6,09 a	6,22 a	6,17 c,d	6,21 a,b,c
C.V.	0,29	0,7	0,79	1,34	0,39	0,65
D.M.S.	0,038	0,096	0,107	0,185	0,055	0,09

*Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey \leq 0,05).

Segundo TELES (2001), a concentração de sólidos solúveis é considerada uma variável da qualidade de frutas e hortaliças frescas e, pode indicar a ocorrência de desidratação do produto e/ou alta taxa respiratória, resultando no consumo de reservas energéticas. Atribuiu à respiração a causa da redução de sólidos solúveis, constatada em couves minimamente processadas e armazenadas a 5°C e a 10°C.

No presente trabalho foi constatado um aumento do índice de esbranquiamento (WI) (Figura 18), o qual tem como causa, a desidratação do produto. Assim, a perda de água pelo processamento mínimo das cenouras pode ter sido a causa do aumento nos SST nos primeiros dias de armazenamento, sendo que, posteriormente com o decorrer da respiração das cenouras, ocorreu a sua diminuição.

Observou-se que a acidez titulável (Tabela 9) permaneceu com valores semelhantes durante os 10 dias de armazenamento, com diminuição mais acentuada no 14º dia.

Considerando a evolução dos microrganismos de deterioração constatado neste trabalho, através da Figura 20, como também o pequeno aumento de pH ocorrido, pode-se atribuir esta queda da acidez à ação destes microrganismos de deterioração presentes no produto.

Tabela 8- Sólidos Solúveis Totais (°Brix) em cenouras processadas minimamente e mantidas sob diferentes embalagens e temperaturas: Clysar AFG a 1°C; PEBD 25µm a 1°C; Clysar AFG a 5°C; PEBD 25µm a 5°C; Clysar AFG a 11°C e PEBD 25µm a 11°C.

Tratamentos	Dias de Armazenamento					
	0	3	5	7	10	14
Clysar AFG a 1°C	7,30	7,70a	7,70a	7,55a	7,55a	7,35a
PEBD 25µm a 1°C		7,75a	7,45a	7,30a	7,45a	7,25a,b
Clysar AFG a 5°C		7,75a	7,35a	7,10b	7,25a	7,15a,b
PEBD 25µm a 5°C		7,60a	7,55a	7,25a,b	7,50a	7,25a,b
Clysar AFG a 11°C		7,80a	7,55a	7,15b	7,30a	7,15a,b
PEBD 25µm a 11°C		7,60a	7,45a	7,15b	7,25a	7,00 b
C.V.	1,58	3,03	3,25	2,16	2,12	1,82
D.M.S.	0,259	0,524	0,548	0,351	0,351	0,295

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey \leq 0,05).

Tabela 9- Acidez Titulável em cenouras processadas minimamente e mantidas sob diferentes embalagens e temperaturas: Clysar AFG a 1°C; PEBD 25µm a 1°C; Clysar AFG a 5°C; PEBD 25µm a 5°C; Clysar AFG a 11°C e PEBD 25µm a 11°C.

Tratamentos	Dias de Armazenamento					
	0	3	5	7	10	14
Clysar AFG a 1°C	0,0700	0,0730a	0,0735a	0,0748a	0,0733a	0,0628a
PEBD 25µm a 1°C		0,0738a	0,0728a	0,0720a,b	0,0690a,b	0,0600a
Clysar AFG a 5°C		0,0668a,b	0,0728a	0,0698a,b	0,0650a,b	0,0659a,b
PEBD 25µm a 5°C		0,0673a,b	0,0687a	0,0713a,b	0,0628b	0,0513b
Clysar AFG a 11°C		0,0653b	0,0677a	0,0640b	0,0650a,b	0,0628a
PEBD 25µm a 11°C		0,0635b	0,0650a	0,0643b	0,0650a,b	0,0625a
C.V.	3,84	4,71	6,67	5,55	5,41	5,98
D.M.S.	0,0065	0,0072	0,0105	0,0087	0,0081	0,008

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey \leq 0,05).

3.3.3.3 Coloração

Os valores do índice de esbranquiçamento (WI) mostrados na Figura 18, representam os valores médios obtidos na superfície transversal de corte, abrangendo o córtex e as camadas de tecido vascular.

Índice de esbranquiçamento com valores elevados indica aumento de brilho ou de uma tonalidade clara, enquanto baixo valor indica escuro. LI & BARTH (1998) verificaram que o esbranquiçamento superficial em cenouras processadas minimamente durante o armazenamento foi quantitativamente ilustrado pelo índice WI. Sendo que altos índices de WI indicaram maior desenvolvimento superficial de esbranquiçamento. Assim, conforme a Figura 18, observou-se o desenvolvimento do esbranquiçamento sobre a superfície, uma vez que os valores de WI aumentaram de 40,68 (medido no dia do processamento) para 48,25, em média, após 14 dias de armazenamento.

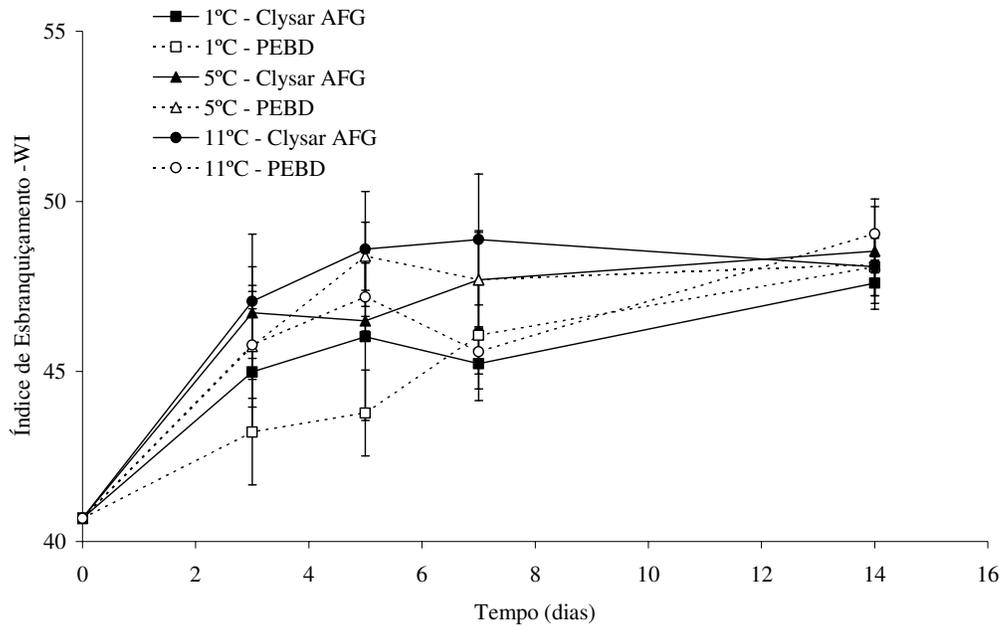


Figura 18- Índice de esbranquiçamento (WI) em cenouras processadas minimamente e mantidas sob diferentes embalagens e temperaturas: Clysar AFG a 1°C; PEBD 25µm a 1°C; Clysar AFG a 5°C; PEBD 25µm a 5°C; Clysar AFG a 11°C e PEBD 25µm a 11°C.

Resultados semelhantes foram obtidos por IZUMI & WATADA (1994) ao analisarem a influência de cálcio sobre a conservação de cenouras minimamente processadas. Constataram que os valores de WI aumentaram de aproximadamente 23 no início para 30 no fim do armazenamento em todas as temperaturas (0°C, 5°C e 10°C). De forma semelhante, HOWARD & DEWI (1995) observaram aumento no WI de 34 para 42 em 14 dias de armazenamento nas cenouras descascadas e conservadas a 2°C.

BOLIN & HUXSOLL (1991) estudaram a formação de substâncias na superfície de cenouras ao serem submetidas ao descascamento e concluíram que os valores de WI resultaram em melhor correlação com a análise visual. Os valores de WI variaram de 28, correspondendo a uma coloração alaranjada brilhante, a 50 quando da formação de esbranquiçamento na superfície do produto.

Observou-se aumento maior de WI durante os 3 primeiros dias em todos os tratamentos (Figura 19). Segundo HOWARD & GRIFFIN (1994), este fato pode ser explicado como uma reação enzimática devido aos fermentos provocados nos tecidos celulares durante

o descascamento e corte, estimulando uma maior biosíntese de lignina responsável pelo surgimento desta coloração esbranquiçada na superfície. A lignificação da parede celular é um mecanismo de defesa natural em tecidos de plantas feridas com o objetivo de impedir a penetração de microrganismos além de retardar a perda de umidade.

Estudos realizados por HOWARD & GRIFFIN (1993) mostraram que a atividade de peroxidase também aumentou em resposta ao ferimento e altamente correlacionado com o aumento da formação de lignina ($R=0,98$).

3.3.3.4 Avaliação Microbiológica

Segundo KAKIOMENOU *et al.* (1996) as bactérias, bolores e leveduras são encontradas na microflora inicial de hortaliças processadas minimamente. O nível inicial de bolores, leveduras e coliformes totais, após o tratamento de sanitização com água clorada foi de $2,3 \log \text{UFCg}^{-1}$ (Tabela 10), semelhante ao obtido por CHERVIN & BOISSEAU (1994), ou seja $2,9 \log \text{UFCg}^{-1}$ de microrganismos aeróbios mesófilos.

Na Figura 19, tem-se que nas temperaturas de armazenamento de 5°C e 11°C as cenouras apresentaram no sétimo dia de conservação um aumento maior de bolores e leveduras de 2,3 até $5,6 \log \text{UFCg}^{-1}$. Não foi possível encontrar uma explicação para este aumento ocorrido, uma vez que a deterioração microbiana de hortaliças é realizada predominantemente por bactérias, que se desenvolvem em condições de pH entre 4,5 a 7,0 (DENNIS, 1987).

Resultado semelhante quanto ao crescimento de bolores e leveduras foi obtido por POSPISIL *et al.* (2001) em cenouras minimamente processadas cortadas em rodela mantidas a 4°C durante 14 dias e a 28°C durante 9 dias. Observaram que a população de bolores e leveduras variou de 4 para $5,3 \log \text{UFCg}^{-1}$, durante os 14 dias de armazenamento a 4°C .

Tabela 10-Contagem microbiana de microrganismos deteriorantes, log UFC.g-1, em cenouras processadas minimamente e mantidas sob diferentes embalagens e temperaturas: 1°C, Clysar AFG; 1°C, PEBD 25µm; 5°C, Clysar AFG; 5°C, PEBD 25µm; 11°C, Clysar AFG; 11°C, PEBD 25µm.

Dias de Armazenamento	Microrganismos	Clysar AFG			PEBD 25µm		
		1°C	5°C	11°C	1°C	5°C	11°C
0	Bolores e Leveduras	2,30					
	Coliformes Totais	2,30					
3	Bolores e Leveduras	2,60	2,00	2,85	2,26	2,00	2,73
	Coliformes Totais	2,30	2,40	4,53	2,00	3,53	4,64
5	Bolores e Leveduras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,48
	Coliformes Totais	2,57	2,95	5,08	3,15	3,81	4,82
7	Bolores e Leveduras	2,70	4,30	5,60	2,70	4,60	3,90
	Coliformes Totais	2,48	3,49	5,54	2,71	4,53	4,54
10	Bolores e Leveduras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Coliformes Totais	2,00	5,00	5,96	3,57	5,85	5,71
14	Bolores e Leveduras	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
	Coliformes Totais	4,18	5,48	6,00	4,43	5,32	7,00

*Médias de duas análises realizadas em cada uma das quatro repetições.

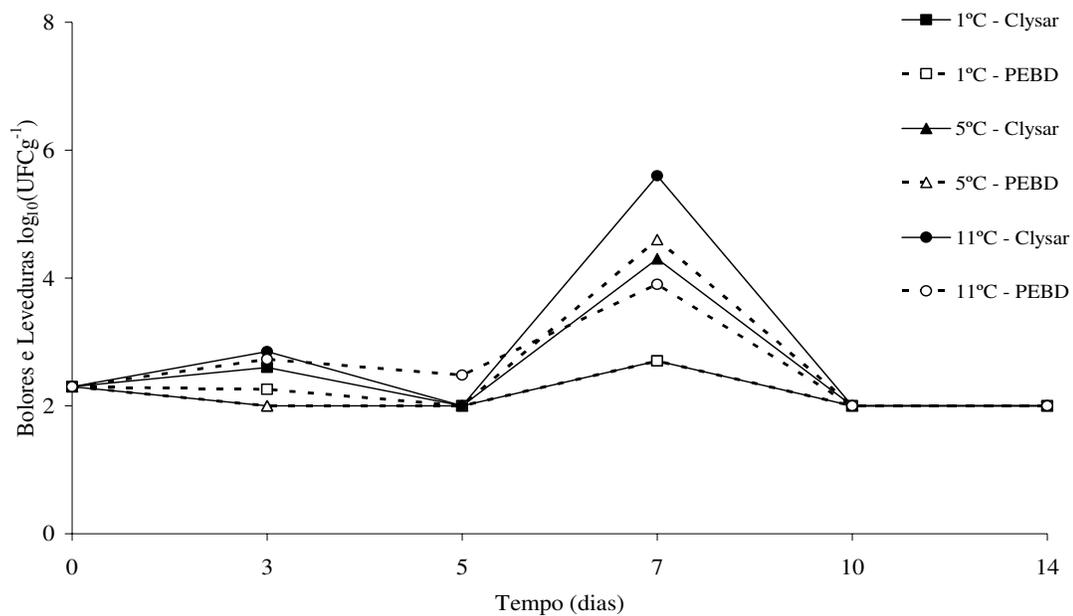


Figura 19- Curva do crescimento de bolores e leveduras em cenouras processadas minimamente, embaladas com os filmes Clysar AFG e PEBD 25µm e conservadas a 1°C, 5°C e 11°C.

BARRY-RYAN & O`BEIRNE (1998) verificaram que os valores de pH em cenouras fatiadas e mantidas a 8°C aumentaram após 8 dias de armazenamento. O aumento do pH coincidiu com o aumento da carga microbiana e também resultou no consumo de ácidos orgânicos. Após 10 dias de armazenamento a 8°C constatou um crescimento para coliformes totais de 7,57 logUFCg⁻¹ e para bolores e leveduras de 7,5 logUFCg⁻¹. KATO-NOGUCHI & WATADA (1997) verificaram que o pH das cenouras conservadas em ar manteve o pH constante de 6,5, enquanto as cenouras mantidas em atmosferas sob baixo teor de O₂ apresentaram uma diminuição do pH de 0,3 a 0,4 unidades. IZUMI & WATADA (1994) também observaram que a cenoura processada minimamente em tiras e tratadas com cálcio apresentaram diminuição do pH de 6,0 para menos de 5,5, após 10 dias.

No presente trabalho, as cenouras apresentaram um crescimento microbiológico de 2,3 a 7,0 logUFC.g⁻¹ no período de conservação para a temperatura de 11°C (Tabela 10). Através da Figura 20, verificou-se que a 1°C e 5°C, as cenouras embaladas com Clysar AFG não apresentaram diferença no crescimento de microrganismos até o quinto dia de armazenamento. A influência da temperatura se torna visível nas cenouras armazenadas a 11°C, onde apresentou um crescimento de 3 ciclos logarítmicos superior à temperatura de 1°C, após 14 dias. De forma semelhante LIEW & PRANGE (1994), demonstraram que a redução da temperatura de 16°C para 2°C reduziu significativamente o crescimento de fungos em cenouras. IZUMI & WATADA (1994) estudaram a evolução microbiológica em cenouras processadas minimamente e embaladas em sacos de polietileno nas temperaturas de 0°C, 5°C e 10°C, conservadas, respectivamente durante 28, 21 e 11 dias. A contagem microbiológica total foi maior para a temperatura mais alta. Após 15 dias o produto estava com uma população de mesófilos totais de 7,0 logUFCg⁻¹ a 0°C, acima de 8,0 logUFCg⁻¹ a 5°C e em 12 dias a 10°C, já estavam com uma contagem de 8,0 logUFCg⁻¹.

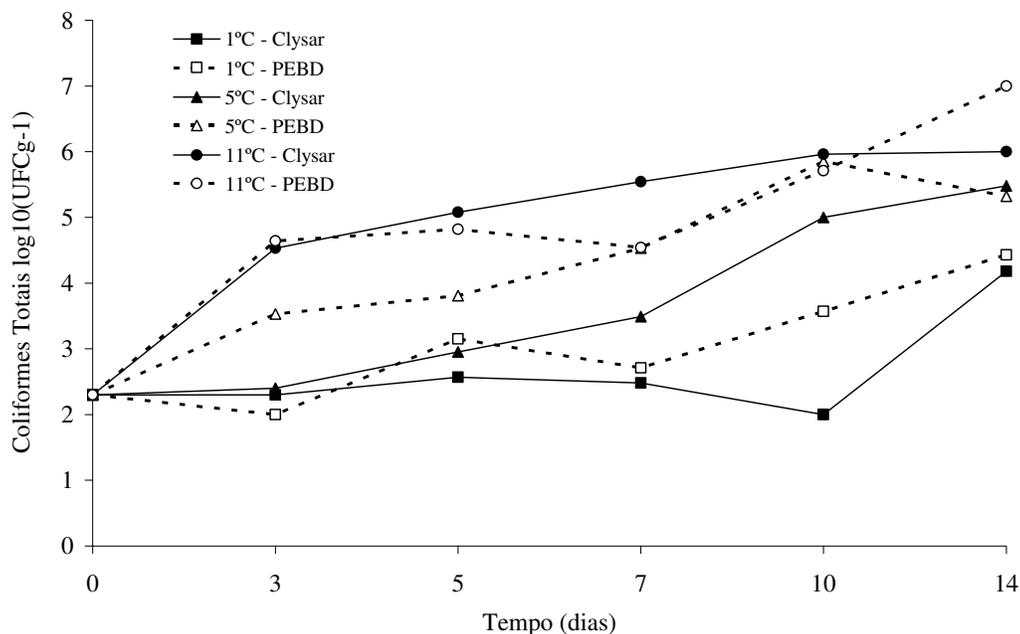


Figura 20- Crescimento de Coliformes Totais em cenouras processadas minimamente, embaladas com os filmes Clysar AFG e PEBD 25µm e conservadas a 1°C, 5°C e 11°C.

De acordo com os resultados obtidos por KAKIOMENOU *et al.* (1996) sobre as mudanças microbiológicas em cenouras cortadas em palito e armazenadas a 4°C e 10°C, apesar de bactérias de ácido láctico e leveduras fazerem parte da flora inicial de cenouras cortadas, as bactérias do ácido láctico foram sempre os microrganismos dominantes na microbiota final. CHERVIN & BOISSEAU (1994) também constataram que bactérias aeróbias mesófilas e bactérias lácticas foram os deteriorantes predominantes em cenouras minimamente processadas, cortadas em tiras. LEE *et al.* (1996) e POSPISIL *et al.* (2001) consideraram como parâmetro para determinar a vida de prateleira para salada de vegetais e cenouras fatiadas prontas para consumo quando o crescimento microbiológico atingisse 7-8 logUFCg⁻¹. CHERVIN & BOISSEAU (1994) afirmam que o nível microbiológico geralmente encontrado nas empresas de processamento mínimo de cenouras é 6,7logUFCg⁻¹.

Comparando a evolução microbiológica entre as duas embalagens (Figura 20), a embalagem Clysar AFG proporcionou uma taxa mais lenta de crescimento microbiológico a 1°C e 5°C. Um fato constatado visualmente tanto nas embalagens de PEBD como na de Clysar AFG, foi a ocorrência de condensação de água na superfície interna da embalagem. No

entanto, na embalagem de PEBD foi observado com maior intensidade, a ponto de dificultar a visualização do produto através da embalagem quando mantida no interior do ambiente refrigerado. Uma possível explicação está na taxa de permeabilidade ao vapor de água da embalagem PEBD que é de $19 \text{ g água m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ comparada com a da Clysar AFG que é de $37,5 \text{ g água.m}^{-2}.\text{dia}^{-1}$. A formação de água condensada no interior da embalagem é causada pela evaporação de água do produto sendo proporcional à diferença entre a pressão de vapor de água no ar e a pressão de vapor de água no equilíbrio do produto (BERG, 1987).

Outro fator que pode ter influenciado a formação desta condensação no interior da embalagem, é a temperatura com que a cenoura foi embalada após o processamento. Quando ar contendo umidade é resfriado, a temperatura pode ficar abaixo da pressão de saturação do vapor de água (temperatura de orvalho) e assim provocar a condensação de água sobre a superfície do produto (SILVA *et al.*, 1999).

Assim, a presença desta água na superfície da embalagem pode ter favorecido o desenvolvimento microbiológico nas cenouras armazenadas a 5°C embaladas com PEBD, o que poderia explicar a diferença de crescimento de 1 ciclo logaritmo a partir do terceiro dia de conservação. A mesma explicação poderia justificar a diferença ocorrida para a temperatura de 1°C entre as embalagens a partir do 5º dia, apesar da menor temperatura ter inibido o crescimento microbiológico por mais tempo. BOLIN *et al.* (1977) afirmam que a presença de umidade e fluido celular sobre a superfície de alfaces cortadas causou uma redução no tempo de armazenagem, sendo um dos fatores principais para a qualidade e vida útil de hortaliças minimamente processadas. Berg & Lentz, citado em DENNIS (1987), relatam que a condensação de água ou altas umidades relativas sobre a superfície do produto provoca um aumento da deterioração devido ao crescimento microbiológico entre temperaturas de $0\text{-}10^{\circ}\text{C}$. Segundo BEN-YEHOSHUA *et al.* (2001), a ocorrência de condensação de água na superfície do produto ou na superfície da embalagem é crítica para a proliferação de patógenos em alimentos minimamente processados em virtude de terem a superfície cortada, ter a proteção da casca removida, além do suco celular liberado pelas células servir de nutriente.

3.3.4 Conclusões

A temperatura de 1°C comparada com a de 11°C causou um atraso na evolução dos microrganismos de deterioração de aproximadamente 3 ciclos log durante um período de 10 dias.

A alta permeabilidade das embalagens aos gases permitiu a difusão de oxigênio para o interior da embalagem, evitando a ocorrência de respiração anaeróbia nas 3 temperaturas analisadas.

O processamento mínimo de cenouras reduz o teor de vitamina C em aproximadamente 50%.

A condensação de água na superfície interna da embalagem utilizada aumentou o desenvolvimento de microrganismos de deterioração nas cenouras processadas minimamente e armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C.

A utilização de baixa temperatura associada ao uso de filmes plásticos com baixa permeabilidade ao vapor de água, permite a ocorrência de esbranquiçamento na superfície das cenouras.

A embalagemn Clysar AFG apresentou melhor eficiência para a conservação de cenouras processadas minimamente quando comparada com a embalagem PEBD 25µm, proporcionando uma vida útil de 14 dias a 1°C, 5°C e 11°C.

3.4 ANÁLISE DO EFEITO DE MISTURAS DE GASES COM ALTOS TEORES DE O₂ E CO₂ NA FISIOLOGIA E NA INIBIÇÃO DO CRESCIMENTO DE MICRORGANISMOS DE DETERIORAÇÃO

3.4.1 Introdução

Produtos processados minimamente são preparados e manuseados para manter seu aspecto de frescor, possuindo uma condição mais conveniente para seu consumo. Hortaliças processadas minimamente geralmente possuem maiores taxas de respiração em relação aos correspondentes produtos inteiros.

Altas taxas de respiração indicam um metabolismo mais ativo, e geralmente, podendo resultar em uma mais rápida perda de ácidos, açúcares, e outros componentes que determinam a qualidade do sabor e valor nutritivo. O controle de uma temperatura adequada é requerido para minimizar o aumento da respiração e as taxas metabólicas de produtos processados minimamente. Segundo CANTWELL & SUSLOW (2003) as taxas de respiração e as taxas de deterioração podem ser minimizadas pelo rápido resfriamento do produto, sendo o resfriamento o principal fator de controle para as taxas de respiração.

Associado ao controle da temperatura, a combinação com técnicas de atmosfera modificada e controlada tem proporcionado um aumento na vida-de-prateleira de muitos produtos processados minimamente, sem a perda de seu frescor. Novas tecnologias de atmosfera modificada e controlada tem sido desenvolvidas, proporcionadas pelas inovações em filmes plásticos e equipamentos de embalagens específicas para produtos hortícolas processados minimamente. A tecnologia de embalagem é indispensável para produtos processados minimamente, onde a seleção do material do filme plástico envolve um balanço entre a demanda de O₂ e de CO₂.

Os produtos minimamente processados devido ao aumento de danos superficiais causados pelo corte e a conseqüente disponibilidade do nutriente celular proporcionam condições favoráveis ao crescimento microbiano (ZAGORY, 1999). Também, o aumento de manuseio durante o processamento favorece a contaminações por patógenos humanos tais como: *Listeria*, *E. coli*, *Yersinia* e *Salmonella* spp.

Apesar de ser realizada a sanitização do produto que envolve a lavagem com água, sendo usual a adição de produtos químicos, a fim de evitar a contaminação de microrganismos pela própria água de lavagem, como também diminuir a carga microbiológica infectante do produto, durante o desenvolvimento na planta, não é possível a completa eliminação de todos os microrganismos de deterioração (BRACKETT, 1999).

Atualmente, o cenário mercadológico mundial sinaliza que cada vez mais será valorizada a questão da segurança alimentar, no que diz respeito a alimentos isentos de resíduos químicos e sem contaminação, comprovado pela exigência dos principais países importadores quanto ao cumprimento de normas de qualidade como as do *European Protocol of Good Agricultural Practices* (EUREPGAP) e Produção Integrada de Frutas (PIF).

A preocupação com a segurança e a manutenção da qualidade dos produtos processados minimamente, associada ao desenvolvimento de filmes plásticos e equipamentos de embalagem, levou ao desenvolvimento de tecnologia de aplicação de altos teores de O₂ e CO₂. Segundo PARKER (2002) o alto teor de O₂ apresenta a vantagem de evitar qualquer possibilidade de ocorrência de anaerobiose e a conseqüente formação de odor e sabor estranho. Também afirma que resultados organolépticos melhores foram obtidos em certos produtos processados minimamente, quando níveis de 5 a 10% de CO₂ estiveram presentes na atmosfera da embalagem.

Desta forma, a inibição do desenvolvimento de microrganismos e a manutenção do frescor dos produtos, através do controle da atmosfera em volta do produto que pode ser alterada pelo ajuste das concentrações de oxigênio e gás carbônico, tem encontrado crescente aplicação comercial (PARKER, 2002). A capacidade de inibição do crescimento microbiológico através da aplicação de misturas de gases com altos teores de O₂ e CO₂ está relacionada ao fato de que os microrganismos apresentam grande sensibilidade à determinada pressão parcial de oxigênio e gás carbônico (DAY, 2001).

Este trabalho procurou analisar o efeito de altos teores de O₂ e CO₂ na fisiologia e no controle do crescimento de microrganismos de deterioração em cenouras e vagens processadas minimamente. Também foi estudado como a metodologia de planejamento de misturas pode auxiliar na otimização de atmosferas mais adequadas para o armazenamento destas.

3.4.2 Material e Métodos

3.4.2.1 Feijão – Vagem

Foram utilizadas vagens (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Itatiba-II colhidas manualmente e selecionadas pelos seguintes aspectos: isentas de ferimentos, manchas. As vagens foram colhidas de produtor localizado na região de Jarinu (SP) na época de verão (dezembro-janeiro), com temperatura média de produção de 23,0°C. Após a colheita, foram transportadas ao ITAL à temperatura ambiente sendo armazenadas durante um dia a 11°C. As vagens foram colhidas imaturas, aproximadamente após 80 dias da sementeira.

3.4.2.2 Cenoura

Foram utilizadas cenouras (*Daucus carota*) da variedade Nantes, produzidas na região de São Gotardo. As cenouras foram transportadas acondicionadas em caixas de papelão à temperatura ambiente até a (CEASA-Campinas), de onde foram levadas até o ITAL, sendo armazenadas a temperatura de 1,0°C durante 1 dia até o início do processamento mínimo. As cenouras foram colhidas após 120 dias da sementeira.

3.4.2.3 Etapas do Processamento Mínimo

O processamento mínimo foi realizado no ITAL, utilizando as instalações da área de Tecnologia Pós-Colheita de Produtos Hortícolas. As etapas do processo foram iguais às utilizadas no trabalho de medida da taxa respiratória das cenouras e das vagens. Somente a massa de produto, correspondente a 300g, foi alterada neste trabalho relativo ao controle atmosférico de misturas de gases.

3.4.2.4 Armazenamento

Os produtos foram acondicionados em frascos de vidro de 2,8L sob atmosfera controlada, e armazenados em câmara fria à temperatura de $5 \pm 1^\circ\text{C}$ (90%UR) para as vagens e a $11 \pm 1^\circ\text{C}$ (90%UR) para as cenouras.

3.4.2.5 Fluxo de gases

As misturas certificadas de gases foram fornecidas pela empresa White Martins Praxair Inc., por meio de cilindros com volume de 8 - 10 m³ e a pressão variando de 138 a 185 kgf.cm⁻². O método de preparação da mistura foi gravimétrico, com uma incerteza de medição de 2%. A calibração da mistura foi realizada segundo a norma RBC-INMETRO nr. M 1975/99. Uma válvula de duplo comando instalada na saída do cilindro controlou a pressão do fluxo de gás fornecido aos frascos de vidro com os produtos. Este fluxo era mantido a pressão de 60 cm de coluna de água, controlado no fluxcentro por meio de um manômetro (CALBO, 1989). A vazão de ar constante era controlada por meio de capilares de vidro.

Para a realização dos experimentos foram utilizados 2 fluxcentros, cada um possuindo três sistemas de distribuição de mistura de gases independentes. A composição da atmosfera no interior dos frascos foi analisada durante os experimentos, por meio do analisador Dansensor® (PBI), modelo Combi Check 9800-1, com sensores de oxigênio e gás carbônico.

3.4.2.6 AA, SST, pH e Acidez titulável

Estas análises químicas foram realizadas conforme metodologia apresentada no Capítulo 4.3.2.

3.4.2.7 Coloração

A coloração da face de corte das vagens processadas minimamente foi medida com Colorímetro Minolta CR 200 (Minolta Camera Co., Japan) através da determinação dos seguintes parâmetros: luminosidade, L*; croma, C* e o ângulo (h*) que define a variação da cor. A calibração do colorímetro foi feita com padrão branco RSEX nº 6299 de 03196 (x= 77,46; y= 82,08; z= 88,38). Nas vagens, estas medidas foram realizadas após o término do processamento e após 3, 7, 10 e 14 dias de armazenamento. Foram realizadas quatro medidas em pedaços de vagens retirados aleatoriamente dos frascos de vidro.

3.4.2.8 Avaliação Microbiológica

Os microrganismos gerais analisados neste trabalho foram bactérias aeróbicas mesófilas e psicrotróficas durante o desenvolvimento do experimento. Na matéria-prima procedeu-se também a uma análise da presença de microrganismos indicadores de contaminação fecal, os quais correspondem a coliformes totais e de bolores. Foram utilizadas 25g de amostras das embalagens de cada tratamento, preparando-se as amostras com homogeneizador de pistão, tipo Stomacher (Blend 400) e diluindo -se cada amostra em 225mL de tampão fosfato pH=7,0 durante 1 minuto. A partir desta amostra foram preparadas diluições decimais sucessivas e realizados os exames microbiológicos descritos:

Contagem total de coliformes totais: optou-se por esta análise utilizar um método rápido, com o emprego do kit PETRIFILM 6410 (3M) para coliformes totais, que depois de inoculado foi incubado a 35°C por 48h, seguindo-se o procedimento descrito por SILVA *et al.* (2001).

Contagem total de bolores: utilizou-se a técnica tradicional de plaqueamento em superfície no meio de cultivo Ágar Dicloram de Bengala Cloranfenicol (DRBC), com incubação por 3 a 5 dias, a 25°C (SILVA *et al.*, 2001).

Aeróbios mesófilos: para esta determinação foi adotado o emprego do plaqueamento em superfície, utilizando-se o Ágar Padrão para Contagem (PCA), com incubação a 35°C/ 48h (SILVA *et al.*, 2001).

Aeróbios psicrotróficos: adotou-se o emprego do plaqueamento em superfície utilizando o Ágar Padrão para Contagem (PCA), com incubação a 7°C/10dias (SILVA *et al.*, 2001).

3.4.2.9 Planejamento Experimental

Nos experimentos em que se testou o uso de atmosfera controlada com mistura de gases foi desenvolvido um planejamento de misturas, constituídas de 3 componentes (O₂, CO₂ e N₂). A aplicação das misturas nos produtos foi inteiramente casualizada, sendo realizados 3 experimentos para a análise das 8 formulações. Foi definido como controle um tratamento com ar ambiente. Na Tabela 11, encontra-se o delineamento das misturas com oito formulações e os três componentes da mistura. As proporções foram determinadas utilizando-se o

programa Estatística, considerando as proporções para X_1 (O_2), X_2 (CO_2), e X_3 (N_2). Em cada formulação os componentes somaram 100kPa e as restrições foram: $50kPa \leq O_2 \leq 100kPa$; $0 \leq CO_2 \leq 30kPa$; $0 \leq N_2 \leq 20kPa$. Em geral os erros nas estimativas dos coeficientes são menores quando os pontos do planejamento se distribuem uniformemente pela região estudada (BARROS NETO *et al.*, 2001).

Desta maneira, foi utilizado os vértices, posições de meia aresta e ponto centróide na realização dos experimentos. Os pseudocomponentes são definidos como misturas dos componentes originais. Quando as proporções dos componentes devem obedecer a limites inferiores, o ajuste do modelo é mais facilitado quando feito em um sistema de pseudocomponentes (codificado) do que quando realizado em sistemas de componentes reais (MONTGOMERY, 1984; BARROS NETO *et al.*, 2001). As proporções de X_i devem obedecer a limites inferiores não-nulos, designados por a_i . Para o caso geral de q pseudocomponentes podemos escrever:

$$\sum_{i=1}^q a_i < 1 \quad i = 1, 2, \dots, q \quad (7)$$

Os teores da mistura em termos de componentes codificados ou pseudocomponentes, designados por X'_i são dados pela expressão:

$$X'_i = (X_i - a_i) / (1 - \sum_{i=1}^q a_i) \quad (8)$$

Considerando-se que neste trabalho para o delineamento da mistura de O_2 , CO_2 , N_2 , tem-se correspondentemente $X_1 \geq 50$ kPa, $X_2 \geq 0$ e $X_3 \geq 0$, deseja-se que a mistura tenha no mínimo 50 kPa de X_1 , a soma dos limites inferiores é definido da seguinte forma:

$$\sum_{i=1}^q a_i = a_1 + a_2 + a_3 = 50 + 0 + 0 = 50 \quad \text{e} \quad 100 - \sum a_i = 50 \quad (9)$$

Portanto:

$$X'_1 = (X_1 - 50) / 50 \rightarrow \% \text{ do teor de oxigênio;}$$

$$X'_2 = X_2 / 50 \rightarrow \% \text{ do teor de gás carbônico;}$$

$$X'_3 = X_3 / 50 \rightarrow \% \text{ do teor de nitrogênio.}$$

Tabela 11- Delineamento dos 8 tratamentos utilizados para testar a mistura de oxigênio, gás carbônico e nitrogênio em cenouras e vagens processadas minimamente. Restrição: $50\text{kPa} \leq \text{O}_2 \leq 100\text{kPa}$; $0 \leq \text{CO}_2 \leq 30\text{kPa}$; $0 \leq \text{N}_2 \leq 20\text{kPa}$.

Misturas	Pressão Parcial dos Componentes da Mistura de Gases (kPa)		
	O2	CO2	N2
1	50	30	20
2	60	30	10
3	65	15	20
4	70	30	0
5	75	15	10
6	80	20	0
7	85	15	0
8	90	0	10

Considerando-se que neste trabalho para o delineamento da mistura de O_2 , CO_2 , N_2 , tem-se correspondentemente $X_1 \geq 50$ kPa, $X_2 \geq 0$ e $X_3 \geq 0$, deseja-se que a mistura tenha no mínimo 50 kPa de X_1 , a soma dos limites inferiores é definido da seguinte forma:

$$\sum_{i=1}^q a_i = a_1 + a_2 + a_3 = 50 + 0 + 0 = 50 \quad \text{e} \quad 100 - \sum a_i = 50 \quad (10)$$

Portanto:

$$X'_1 = (X_1 - 50) / 50 \rightarrow \% \text{ do teor de oxigênio;}$$

$$X'_2 = X_2 / 50 \rightarrow \% \text{ do teor de gás carbônico;}$$

$$X'_3 = X_3 / 50 \rightarrow \% \text{ do teor de nitrogênio.}$$

A partir da transformação da combinação dos componentes reais da mistura em codificados, é possível por meio dos valores observados experimentalmente construir um modelo em termos de componentes codificados. É preferível realizar o trabalho com modelos

codificados, uma vez que trabalha-se com valores de coeficientes adimensional, permitindo uma melhor análise do efeito dos componentes do modelo da Tabela 12.

Tabela 12- Matriz do planejamento experimental com as formulações das misturas de gases, em valores reais e em pseudocomponentes.

Misturas	Valores Reais			Pseudocomponentes		
	O ₂ (kPa)	CO ₂ (kPa)	N ₂ (kPa)	O ₂ (kPa)	CO ₂ (kPa)	N ₂ (kPa)
	X1	X2	X3	X1'	X2'	X3'
1	50	30	20	0,0	0,6	0,4
2	60	30	10	0,2	0,6	0,2
3	65	15	20	0,3	0,3	0,4
4	70	30	0	0,4	0,6	0,0
5	75	15	10	0,5	0,3	0,2
6	80	0	20	0,6	0,0	0,4
7	85	15	0	0,7	0,3	0,0
8	90	0	10	0,8	0,0	0,2

Foram comparados modelos de regressão linear, quadrático e cúbico especial, para análise do efeito das misturas de gases nas propriedades químicas, físicas e do desenvolvimento de microrganismos de deterioração.

Linear:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 \quad (11)$$

Modelo Quadrático:

$$Y = b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 \quad (12)$$

Modelo Cúbico Especial:

$$Y = b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_1 b_2 X_1 X_2 + b_1 b_3 X_1 X_3 + b_2 b_3 X_2 X_3 + b_1 b_2 b_3 X_1 X_2 X_3 \quad (13)$$

onde:

Y – estimativa da resposta experimental relativa aos parâmetros analisados durante o processo de armazenamento dos produtos.

b' - coeficientes da equação.

X' - proporção dos pseudocomponentes.

O procedimento para a obtenção de um modelo polinomial consiste em obter os pseudocomponentes, estimar os coeficientes b's para o modelo e determinar a significância do modelo por meio da análise da variância (Tabela 13). Para comprovar que o modelo é estatisticamente significativo, deve ser calculada a razão entre as médias quadráticas MQR/MQr as quais seguem uma distribuição F e comparar com o valor de F 95%, GLR, GLr obtido em uma tabela estatística de porcentagem da distribuição F. Para o modelo ser estatisticamente significativo deve obedecer a relação abaixo:

$$MQR / MQr > F_{95\% , GL R , GL r} \text{ (tabelado)}$$

onde:

95% - significa o nível de confiança;

GL R - é o número de graus de liberdade da regressão;

GL r - é o número de graus de liberdade do resíduo.

Tabela 13-Análise de variância para ajuste, pelo método de mínimos quadrados, de modelos linear, quadrático e cúbico especial. SQR = soma quadrática; SQr = soma quadrática residual; SQfa = soma quadrática de falta de ajuste; SQep = soma quadrática de erro puro; n = número total de observações; m= número de níveis distintos; p= número de parâmetros do modelo.

Fonte de Variação	Soma Quadrática	Número de Graus de Liberdade	Média Quadrática	F
Regressão	SQR	p - 1	MQR= SQR/(p-1)	MQR/ MQr
Resíduos	SQr	n - p	MQr = SQr/(n-p)	
Falta de Ajuste	SQfaj	m - p	MQfaj= SQfaj / (m-p)	MQfaj/ MQep
Erro Puro	SQep	n - m	MQep= SQep/(n-m)	
Total	SQTotal	n - 1		

Assim, o modelo será estatisticamente significativo se o valor de MQR / MQr for maior do que $F_{95\%}$, GLR , GLr e quanto maior for o valor de MQR / MQr , melhor. Através do programa *Statística* esta análise pode ser feita diretamente pelo valor de P , o qual deve ser menor do que 0,05 para que o modelo seja estatisticamente válido.

Segundo BARROS NETO *et al.* (2001) pode acontecer que a faixa de variação coberta pelos fatores estudados seja pequena demais, fazendo com que o efeito sobre a resposta fique mascarado pela extensão do erro experimental. Uma maneira prática de se analisar diretamente através de programas estatísticos qual o modelo que melhor se ajuste aos dados experimentais, é considerar o modelo que possui menor P (MONTGOMERY, 1984).

O teste F da razão $MQfaj / MQep$ é uma maneira de se avaliar se o modelo está ou não bem ajustado às observações experimentais. O valor de $MQfaj / MQep$ será comparado com o valor Tabelaado de $F_{95\%}$, $GLfaj$, $GLEp$, onde $GLfaj$ e $GLEp$ são os números de graus de liberdade da média quadrática devido à falta de ajuste e da média quadrática do erro puro, respectivamente. Assim, valores de $MQfaj / MQep$ superior ao valor tabelado de $F_{95\%}$, $GLfaj$, $GLEp$ significarão muita falta de ajuste. A falta de ajuste do modelo também pode ser verificada através do valor de P para Falta de Ajuste do Modelo, sendo este resultado obtido na análise da ANOVA, onde seu valor deve ser maior do que 0,05. A partir da análise do valor de P para o Modelo e para Falta de Ajuste, deve-se verificar o valor de P para cada um dos coeficientes b da equação resultante. Os coeficientes cujos valores de P são superiores a 0,05 também devem ser excluídos da equação, recalculando novamente os coeficientes da equação e a ANOVA (MONTGOMERY, 1984).

A análise do efeito das misturas, sobre os produtos, foi feita em triplicata, sendo repetido o ponto central da mistura e o controle em cada experimento. Os parâmetros químicos, os quais não foram aprovados modelos de regressão para análise de seus resultados, foram avaliados através da análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey (5% de significância).

3.4.3 Resultados e Discussão

Os experimentos relativos ao estudo do controle atmosférico de misturas de gases com altos teores de O_2 e CO_2 , na fisiologia (parâmetros químicos e físicos) e no crescimento

de microrganismos em vagens e cenouras minimamente processadas, foram divididos em 3 fases.

As misturas de gases foram selecionadas aleatoriamente para aplicação em cada uma das fases. Desta forma, em virtude dos diferentes períodos de colheita das vagens e cenouras, ocorreram diferenças nos parâmetros físico-químicos e microbiológicos medidos após o processamento mínimo.

A fim de se eliminar esta diferença inicial na análise do desenvolvimento fisiológico e microbiológico, foi calculado para cada parâmetro a diferença entre os valores obtidos nos dias 3; 7; 10 e 14 para os valores medidos inicialmente após o processamento mínimo.

A análise dos resultados químicos e microbiológicos foi realizada segundo o planejamento experimental desenvolvido para mistura de gases, sendo utilizado o Software Statistica 5.0. No entanto, não foi possível obter a validação de modelos de regressão segundo o planejamento de mistura para os parâmetros químicos. Desta forma, foi também empregado o Programa Estatístico SAS (1997) para análise de variância, sendo aplicado o Teste de Tukey para comparação entre as médias das diferentes misturas e a testemunha (ar ambiente).

3.4.3.1 Feijão-Vagem

3.4.3.1.1 AA

Através da Tabela 14, verificou-se que os teores de AA nas vagens processadas minimamente apresentaram uma tendência de queda dos seus valores, durante o período de armazenamento, para todos os tratamentos.

Tal fato é comprovado pelo sinal negativo, resultado da diferença entre os valores medidos nos dias de armazenamento e iniciais. Alguns tratamentos submetidos ao controle atmosférico das misturas com altos teores de O₂ e CO₂ apresentaram diferenças estatísticas significativas em relação as vagens mantidas em ar ambiente durante o período de armazenamento, conforme teste de Tukey ($P \leq 0,05$) (Tabela 14). Segundo LEE & KADER (2000) o descascamento ou corte de hortaliças ocasiona perda de vitamina C. Fato também constatado neste trabalho, onde verificou-se uma redução acentuada no teor de AA, em todos os tratamentos, quando se compara os teores obtidos entre o 3º e o 14º dia de armazenamento. KADER & BEN-YEHOSHUA (2000) afirmam que não existem muitas informações sobre o

efeito de altas concentrações de oxigênio nos teores de vitaminas e minerais em frutas e hortaliças processadas minimamente.

Tabela 14- Valores das diferenças de AA em vagens processadas minimamente nos dias 0, 3, 7, 10 e 14, submetidas a atmosferas de gases e armazenadas a 5°C (90%UR).

Mistura de Gases	Ácido ascórbico (mg ácido ascórbico 100 g ⁻¹ produto)				
	Dias de Armazenamento				
	0	3	7	10	14
Ar	16,34	-3,51 a,b,c,d	-4,67 a,b,c	-5,52 a,b,c	-8,00 a,b,c
50kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	12,1	-2,59 a,b,c	-2,72 a	-3,18 a,b	-4,30 a,b
60kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	20,56	-8,19 d,e	-4,66 a,b,c	-9,48 b,c,d	-14,22 c
65kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	15,47	-0,75 a,b	-4,65 a,b,c	-2,95 a,b	-7,96 a,b,c
70kPaO ₂ + 30kPaCO ₂	15,47	-0,23 a	-4,64 a,b,c	-4,00 a,b	-7,37 a,b,c
75kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	16,34	-5,92 b,c,d,e	-5,68 a,b,c,d	-5,34 a,b,c	-7,75 a,b,c
80kPaO ₂ + 20kPaN ₂	12,98	-2,25 a,b	-3,04 a,b	-1,95 a	-2,65 a
85kPaO ₂ + 15kPaCO ₂	20,56	-8,81 e	-8,96 b,c,d	-12,58 d	-13,72 c
90kPaO ₂ + 10kPaN ₂	12,98	-3,78 a,b,c,d,e	-4,20 a,b,c	-5,35 a,b,c	-3,52 a,b
D.M.S.		5,21	6,00	6,92	7,73
C.V. %		41,32	34,98	38,84	33,27

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey \leq 0,05).

3.4.3.1.2 SST

A análise dos valores de sólidos solúveis totais apresentados na Tabela 15, apresentaram variações estatísticas em seu teor. Considerando uma média entre o valores iniciais (5,37 °Brix) e após 14 dias de armazenamento (4,98 °Brix), houve um decréscimo de 7,3% no teor de SST.

A análise do teste de Tukey (P \leq 0,05) com exceção do dia 10, mostrou que houve diferença estatística significativa entre as misturas de gases e ar ambiente nos sólidos solúveis totais das vagens. Também se constatou diferença estatística significativa entre as diferentes atmosferas com altos teores de O₂ e CO₂ sobre os sólidos solúveis.

Tabela 15- Valores das diferenças de Sólidos Solúveis Totais em vagens processadas minimamente nos dias 0, 3, 7, 10 e 14, submetidas a atmosferas de gases e armazenadas a 5°C (90%UR).

Misturas de Gases	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)				
	Dias de Armazenamento				
	0	3	7	10	14
Ar	5,60	-0,13 c,d	-0,27 b,c	-0,51 a	-0,91 c
50kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	5,67	0,04 b,c	-0,27 b,c	-0,43 a	-0,47 b
60kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	5,20	-0,07 b,c,d	0,13 a,b	-0,20 a	0,07 a
65kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	5,40	-0,40 d	-0,47 c	-0,47 a	-0,53 b
70kPaO ₂ + 30kPaCO ₂	5,40	-0,33 d	-0,47 c	-0,47 a	-0,53 b
75kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	5,24	0,07 a,b,c	-0,15 a,b,c	-0,20 a	-0,38 b
80kPaO ₂ + 20kPaN ₂	5,13	0,40 a	0,14 a,b	-0,06 a	-0,40 b
85kPaO ₂ + 15kPaCO ₂	5,20	-0,20 c,d	-0,13 a,b,c	-0,27 a	-0,20 a,b
90kPaO ₂ + 10kPaN ₂	5,13	0,27 a,b	0,20 a	0,01 a	-0,20 a,b
D. M. S.		0,34	0,4344	0,5531	0,5615
C.V. %		2,12	1,31	6,49	5,17

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey \leq 0,05).

Estudos realizados por TRAIL *et al.* (1992) com vagens inteiras armazenadas a 5°C e embaladas em sacos de polietileno de baixa densidade (PEBD) resultaram em um decréscimo no teor de sólidos solúveis de 5,93 para 5,67 após 12 dias. Tal fato corresponde a um decréscimo de 4,4%, inferior aos resultados obtidos neste trabalho com vagem processada minimamente (7,3%). Os autores justificam esta diminuição no teor de sólidos solúveis causada pelo consumo de açúcar utilizado no processo respiratório. Portanto, verifica-se pela pequena queda do teor de sólidos solúveis neste estudo, que os altos teores de O₂ e CO₂ não influenciaram a taxa respiratória das vagens.

JACXSENS *et al.* (2001) estudaram a aplicação de altos teores de O₂ comparando com baixos teores (3 kPa) em hortaliças sensíveis ao escurecimento enzimático (chicória, aipo e cogumelos processados minimamente). Observaram que o aipo e a chicória embalados sob altos teores de O₂ não apresentaram aumento e nem decréscimo na taxa de respiração. No entanto, os cogumelos tiveram aumento na taxa respiratória de 59,5% e 64,8%, respectivamente a 80 kPa e 95 kPa quando comparado com 3 kPa.

3.4.3.1.3 pH

A análise de variância entre os níveis das misturas e ar ambiente aplicado nos dias 0, 3, 7, 10 e 14 comprovou que houve diferença estatística significativa entre os tratamentos. Para caracterizar esta diferença estatística foi aplicado o teste de Tukey ($P \leq 0,05$), sendo mostrado os resultados na Tabela 16.

Tabela 16- Valores das diferenças de pH em vagens processadas minimamente nos dias 0, 3, 7, 10 e 14, submetidas a atmosferas de gases e armazenadas a 5°C (90%UR).

Misturas de Gases	pH				
	Dias de Armazenamento				
	0	3	7	10	14
Ar	5,95	0,20 b	0,27 a,b,c	0,28 b,c	0,40 a
50kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	5,95	0,23 a,b	0,31 a,b	0,43 a,b	0,48 a
60kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	6,06	0,41 a	0,36 a	0,44 a	0,37 a,b
65kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	6,01	0,23 a,b	0,27 a,b,c	0,16 c,d,e	0,25 b,c
70kPaO ₂ + 30kPaCO ₂	6,01	0,21 b	0,17 b,c,d	0,04 e	0,12 c,d
75kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	6,06	0,21 b	0,23 a,b,c,d	0,27 c	0,20 c
80kPaO ₂ + 20kPaN ₂	6,10	0,15 b	0,12 c,d	0,10 d,e	0,23 c
85kPaO ₂ + 15kPaCO ₂	6,06	0,11 b	0,18 a,b,c,d	0,23 c,d	0,16 c,d
90kPaO ₂ + 10kPaN ₂	6,10	0,08 b	0,08 d	0,08 e	0,07 c,d
D. M. S.		0,18	0,1936	0,1501	0,13
C.V. %		3,10	2,89	2,50	1,89

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey $\leq 0,05$).

Nos resultados de pH apresentados na Tabela 16, destaca-se o aumento gradual de pH nas misturas de gases com 50 e 60 kPa O₂. Através do teste de Tukey observou-se no dia 10 diferença estatística significativa destas 2 misturas para as demais, assim como, para o ar ambiente (testemunha).

No dia 14, também foi verificado que estas 2 misturas (50 e 60 kPa O₂) apresentaram diferença estatística significativa em relação às demais, exceto com o tratamento ar e 70 kPa. Observou-se um súbito aumento do pH nas vagens mantidas sob ar ambiente no dia 14, de 0,28 para 0,40. Tal fato, pode estar associado a alterações fisiológicas observado visualmente pela mudança de cor (escurecimento da face corte), comprovado pela medida do Hue (h).

Também foi associado por TIAN *et al.* (2002), o escurecimento da casca com aumento de pH, em estudos com a fruta lichia, mantidas em embalagem com atmosfera modificada. Observaram que o pH na casca da fruta aumentou mais rapidamente, acompanhando o aumento rápido do índice de escurecimento da casca. Observaram um aumento gradual do pH na casca dos produtos, no decorrer do armazenamento com controle atmosférico de 4% O₂ + 5 ou 15% CO₂, 70% O₂ + 20% N₂ e com o produto embalado sob atmosfera ativa de 15-19% O₂ + 2-4% CO₂ a 2°C.

Observou-se diferença estatística no pH entre as misturas com 50 e 60 kPa O₂ em relação à mistura de 70 kPa O₂, tendo em vista que possuem o mesmo teor de CO₂ (30 kPa), assim como, para com as outras misturas com altos teores de O₂. DEVLIEGHERE *et al.* (1998) estudaram a difusão de CO₂ sob atmosfera modificada em alimentos, medindo a concentração resultante de CO₂ na fase água dos mesmos. Comprovaram um aumento de pH decorrente de um aumento de solubilidade do CO₂, estando ambos diretamente relacionados. Verificaram também, que a concentração inicial de CO₂ na fase gasosa apresentou forte influência sobre a quantidade de CO₂ dissolvida na fase água dos alimentos.

No presente estudo, sob teores de O₂ acima de 70 kPa, houve uma pequena variação do pH. Considerando a baixa solubilidade do O₂ em água, ao contrário do gás carbônico, isto poderia ter causado um efeito tampão do O₂ à difusão do CO₂ através das membranas do tecido celular.

3.4.3.1.4 Acidez Titulável

As análises de acidez titulável apresentadas na Tabela 17, caracterizam a ocorrência de perda de acidez durante o período de armazenamento das vagens.

A análise de variância entre as misturas e ar ambiente correspondentes aos dias 0, 3, 7, 10 e 14 resultou em valores de P respectivamente iguais a 0,19; 0,30; 0,09 e 0,23 (P > 0,05). Desta forma, verificou-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Tal fato também foi comprovado pelo teste de Tukey, onde se observa na Tabela 17, que não há diferença estatística significativa na diminuição de acidez das vagens sob atmosferas controladas de misturas de gases e ar ambiente. Resultado semelhante foi observado por JACXSENS *et al.* (2003) em relação à escarola minimamente processada, embalada sob

atmosfera modificada, onde a concentração de ácido cítrico permaneceu constante durante o período de armazenamento.

O teor de acidez pode ser influenciado, pelo desenvolvimento de bactérias aeróbias psicrotróficas ou mesófilas, uma vez que, a flora microbiana pode consumir os ácidos orgânicos presentes no produto para seu desenvolvimento. Por outro lado, também podem produzir, como é o caso de bactérias de ácido láctico, encontradas em frutas e hortaliças (ZAGORY, 1999; NGUYEN-THE & CARLIN, 1994).

Tabela 17- Valores das diferenças de acidez titulável em vagens processadas minimamente nos dias 0, 3, 7, 10 e 14, submetidas a atmosferas de gases e armazenadas a 5°C (90%UR).

Mistura de Gases	Acidez Titulável (g ácido málico 100g ⁻¹ produto)				
	Dias de Armazenamento				
	0	3	7	10	14
Ar	0,287	-0,018 a	-0,025 a	-0,013 a,b	-0,016 a,b
50kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	0,278	-0,011 a	-0,008 a	-0,005 a,b	-0,008 a,b
60kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	0,228	-0,051 a	-0,038 a	-0,052 b	-0,014 a,b
65kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	0,335	-0,067 a	-0,024 a	0,005 a,b	-0,008 a,b
70kPaO ₂ + 30kPaCO ₂	0,335	-0,067 a	-0,035 a	0,031 a	-0,006 a,b
75kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	0,274	-0,038 a	-0,031 a	-0,014 a,b	-0,014 a,b
80kPaO ₂ + 20kPaN ₂	0,258	-0,042 a	0,012 a	-0,025 a,b	-0,046 b
85kPaO ₂ + 15kPaCO ₂	0,228	-0,012 a	-0,023 a	-0,025 a,b	0,030 a
90kPaO ₂ + 10kPaN ₂	0,258	-0,026 a	-0,011 a	-0,018 a,b	-0,019 a,b
D. M. S.		0,0741	0,0560	0,0637	0,0631
C.V. %		7,09	9,51	16,23	22,27

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey \leq 0,05).

3.4.3.1.5 Índice de Cor

3.4.3.1.5.1 Hue (h)

Os resultados de medida do Hue na superfície de corte das vagens, após o processamento e durante o armazenamento, são apresentados nas Tabelas 18 e 19.

As alterações de cor na face de corte observadas visualmente durante o armazenamento, apresentaram melhor correlação com o ângulo hue (h). Resultados

semelhantes também foram encontrados por Gnanasekharan *et al.* (1992), citado em TRAIL *et al.* (1992), onde afirma que a conversão de leituras de L*, a* e b* para valores correspondentes de croma e do ângulo hue apresentaram melhor indicação da mudança de coloração em hortaliças de cor verde. Também HEIMDAL *et al.* (1995) ao estudarem cultivares de alfaces minimamente processadas embaladas sob diferentes misturas de O₂ e CO₂, afirmaram que o escurecimento foi expresso com o ângulo de hue por apresentar melhor correlação com a observação visual.

Tabela 18-Valores de Hue (h) medidos na face de corte de vagens após o processamento mínimo, considerando as três diferentes colheitas e as respectivas atmosferas de armazenamento a 5°C (90%UR).

		Hue (h)				Média
Experimento	Misturas de Gases	Repetições				
		1	2	3	4	
1°	90kPa O ₂ + 10kPa N ₂					
	80kPa O ₂ + 20kPa N ₂					
	75kPa O ₂ +15kPa CO ₂ + 10kPa N ₂	114,90	116,80	114,50	117,60	115,95
	50kPa O ₂ + 30kPa CO ₂ + 20kPa N ₂					
2°	60kPa O ₂ + 30kPa CO ₂ + 10kPa N ₂					
	75kPa O ₂ +15kPa CO ₂ + 10kPa N ₂	116,80	116,50	116,8	115,7	116,45
	85kPa O ₂ +15kPa CO ₂					
	100 kPa					
3°	65kPa O ₂ + 15kPa CO ₂ + 20kPa N ₂					
	70kPa O ₂ + 30kPa CO ₂	119,30	115,90	118,9	116,5	117,65
	75kPa O ₂ + 15kPa CO ₂ + 10kPa N ₂					

Os valores experimentais da Tabela 19, referem-se à diferença entre os valores medidos nos dias 3, 7, 10 e 14 para os correspondentes valores iniciais de cada um dos experimentos. Com a utilização do programa Statística 5.0, foi analisado o ajuste de modelos matemáticos para os dias 3, 7, 10 e 14. As variáveis independentes consistiram das pressões parciais de O₂, CO₂ e N₂ da mistura, transformadas em pseudocomponentes para análise das alterações de hue.

A definição do modelo através da ANOVA foi baseada nos valores de P para o Modelo e Falta de Ajuste, e no valor do Coeficiente de Correlação (R^2) que correlaciona os dados experimentais com os estimados pelo modelo. Para validar o Modelo, o valor de P deve ser inferior a 0,05 e para a análise da Falta de Ajuste do Modelo, o valor de P deve ser superior a 0,05, o que significa que não há falta de ajuste do modelo. A validade dos modelos também foi analisada pelo parâmetro estatístico F, sendo calculado através da ANOVA e comparado com valor tabelado (BARROS NETO, 1995).

Tabela 19-Valores de Hue (h) medidos na face de corte de vagens durante o armazenamento a 5°C (90%UR) e sob atmosferas de oito misturas de gases e ar.

Valores de Hue (h)				
Misturas de Gases	Dias de Armazenamento			
	3	7	10	14
Ar	-0,47	0,37	-6,57	-11,83
	-0,70	-0,78	-6,53	-10,45
	0,05	-1,15	-7,80	-11,65
	-3,18	-6,85	-8,55	-9,33
	-0,93	-5,93	-6,88	-10,43
	-1,33	-7,28	-6,25	-10,08
50kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	0,55	3,33	2,13	2,13
	1,18	2,03	1,43	2,90
	1,78	2,95	3,25	3,88
60kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	0,25	0,82	1,25	0,87
	0,60	1,43	0,53	0,87
	1,10	0,67	1,20	0,70
65kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	-1,03	0,02	-2,78	-0,97
	-0,65	-0,40	-1,80	-0,92
	-0,88	-0,50	-1,15	-0,83
70kPaO ₂ + 30kPaCO ₂	-1,08	-1,15	-0,50	0,35
	0,17	-0,85	-1,50	-0,53
	0,20	-1,85	-0,53	0,25
75kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	2,00	1,70	1,20	2,55
	1,53	1,68	0,85	2,83
	2,53	3,83	1,60	2,68
	-1,48	0,67	0,92	2,78
	0,15	-0,43	0,72	1,85
	0,95	0,50	-0,45	1,80
	-3,18	-2,20	-2,90	0,12
	-0,93	-3,55	-1,65	-1,65
	-1,33	-2,08	-0,33	-0,05
80kPaO ₂ + 20kPaN ₂	-0,27	-1,38	-4,60	-9,35
	-0,93	-1,40	-3,85	-7,87
	-0,75	-1,25	-4,45	-11,38
85kPaO ₂ + 15kPaCO ₂	1,20	1,60	1,90	2,95
	0,92	1,00	1,60	2,10
	1,70	0,90	2,08	2,65
90kPaO ₂ + 10kPaN ₂	1,98	-0,97	-1,80	-9,20
	1,15	-1,50	-2,32	-8,58
	2,38	-1,17	-2,63	-10,03

Através dos resultados das Tabelas 20, verificou-se que não foi possível ajustar os dados experimentais a um modelo nos dias 3 e 7. Os coeficientes de R^2 foram muito baixos para todos os modelos analisados.

Tabela 20- Análise de variância de ajuste de modelos codificados, correspondentes às alterações de cor em vagens PM, armazenadas durante 3 e 7 dias a 5°C (90%UR) e sob atmosferas de 8 misturas de gases.

DIA	Modelo	Soma de Quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	F tabelado	P
3	Linear	1,82	2	0,91	0,48		0,62
	Falta de Ajuste	18,95	5	3,79	2,59		0,06
	Erro Puro	32,19	22	1,46			
	Total	52,97	29	1,820			
	$R^2 =$	34,47	R^2 ajustado = 0,0				
	Quadrático	15,49	3	5,16	3,58		0,03
	Falta de Ajuste	5,28	4	1,32	0,90		0,48
	Erro Puro	32,19	22	1,46			
	Total	52,97	29	1,82			
	$R^2 =$	29,25	R^2 ajustado = 21,08				
7	Cúbico especial	20,56	6	3,42	2,43		0,06
	Falta de Ajuste	0,21	1	0,21	0,14		0,71
	Erro Puro	32,19	22	1,46			
	Total	52,97	29	1,82			
	$R^2 =$	38,82	R^2 ajustado = 22,87				
	Linear	18,25	2	9,12	3,42		0,05
	Falta de Ajuste	26,52	5	5,30	2,57		0,06
	Erro Puro	45,37	22	2,06			
	Total	90,15	29	3,10			
	$R^2 =$	20,24	R^2 ajustado = 14,34				
7	Quadrático	38,25	5	7,65	3,54		0,02
	Falta de Ajuste	6,52	2	3,26	1,58		0,22
	Erro Puro	45,37	22	2,06			
	Total	90,15	29	3,10			
	$R^2 =$	42,43	R^2 ajustado = 30,44				
	Cúbico especial	40,01	6	6,67	3,06		0,02
	Falta de Ajuste	4,76	1	4,76	2,31		0,14
	Erro Puro	45,37	22	2,06			
	Total	90,15	29	3,10			
	$R^2 =$	44,39	R^2 ajustado = 29,88				

Tabela 21- Análise de variância de ajuste de modelos codificados, correspondentes às alterações de cor em vagens processadas minimamente, armazenadas a 5°C (90%UR) durante 10 e 14 dias e sob atmosferas de 8 misturas de gases.

DIA	Modelo	Soma de Quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	F tabelado	P
10	Linear	57,78	2	28,89	10,86		0,003
	Falta de Ajuste	49,48	5	9,89	9,75		0,00
	Erro Puro	22,31	22	1,01			
	Total	129,57	29	4,47			
	R ² =	44,59	R ² ajustado =	40,49			
	Quadrático	100,32	5	20,06	16,46	2,62	0,0000
	Falta de Ajuste	6,93	2	3,47	3,41	3,44	0,10
	Erro Puro	22,32	22	1,01			
	Total	129,57	29	4,47			
	R ² =	76,55	R ² ajustado =	73,84			
	Cúbico especial	103,40	6	17,23	15,14		0,0000
	Falta de Ajuste	3,85	1	3,85	3,80		0,06
	Erro Puro	22,32	22	1,01			
	Total	129,57	29	4,47			
R ² =	79,80	R ² ajustado =	74,53				
14	Linear	348,19	2	174,09	18,29		0,0000
	Falta de Ajuste	226,97	5	45,39	33,31		0,00
	Erro Puro	29,98	22	1,36			
	Total	605,15	29	20,87			
	R ² =	57,54	R ² ajustado =	54,39			
	Quadrático	558,29	4	139,57	74,48		0,0000
	Falta de Ajuste	16,87	3	5,62	4,13		0,02
	Erro Puro	29,97	22	1,36			
	Total	605,15	29	20,87			
	R ² =	92,26	R ² ajustado =	91,02			
	Cúbico especial	573,22	6	95,53	68,83	2,53	0,000
	Falta de Ajuste	1,95	1	1,95	1,43	4,30	0,25
	Erro Puro	29,98	22	1,36			
	Total	605,15	29	20,87			
R ² =	94,72	R ² ajustado =	93,35				

Na Tabela 22 têm-se os coeficientes dos modelos codificados resultantes para os dias 10 e 14, sendo excluído os coeficientes das interações cujo valor de P eram maiores do que 0,05, uma vez que estes coeficientes estavam fora do intervalo de confiança definido (95%). Para os componentes fixos do modelo (O₂, CO₂ e N₂) não se adota este critério de análise. Desta forma, obteve-se o modelo final codificado que permite estimar dentro da faixa de gases definida no planejamento experimental, a variação de hue nos dias 10 e 14.

Tabela 22- Modelos de regressão codificados ajustados aos valores de Hue (h), correspondentes às diferenças entre os valores medidos nos dias 10 e 14 para com os valores iniciais medidos na face de corte de vagens processadas minimamente, armazenadas a 5°C (90%UR) e submetidas a oito misturas de gases.

Modelos Codificados para Hue (h)				
Parâmetros da Equação	Dia 10		Dia 14	
	Coefficiente	Valor P	Coefficiente	Valor P
O ₂	2,46		-14,31	
CO ₂	-2,15		-30,58	
N ₂	-16,07		-48,11	
O ₂ .N ₂			101,89	0,000
O ₂ .CO ₂			75,22	0,020
CO ₂ .N ₂	41,16	0,000	169,5	0,000
O ₂ .CO ₂ .N ₂			183,76	0,004
R ²	76,55		94,72	
R ² (ajustado)	73,85		93,35	

A aprovação dos modelos foi também confirmada através da análise do gráfico de valores de resíduos versus valores preditos, onde os pontos distribuídos ao longo da reta central estão aleatoriamente dispersos, em ambos os lados da reta central, comprovando a validade dos modelos (Figuras 21 e 22).

Através do programa Statística 5.0, foram construídos gráficos de superfície de contorno para os modelos codificados da Tabela 22. As Figuras 23 e 24, respectivamente para os dias 10 e 14, permitem visualizar a região em que a composição dos teores de O₂, CO₂ e N₂ tem maior influência em evitar a perda da coloração verde e conseqüentemente a inibição do escurecimento.

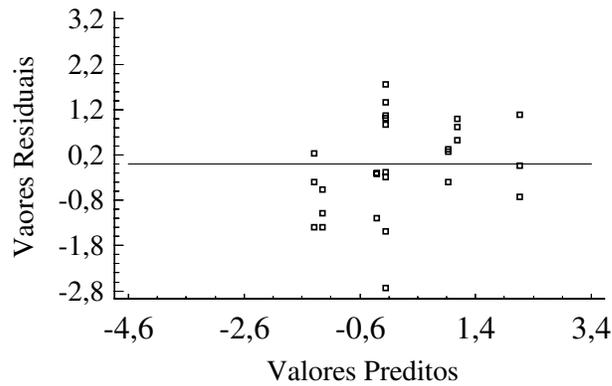


Figura 21- Análise de valores residuais versus valores preditos pelo modelo quadrático, ajustado à diferença de crescimento entre o valor médio obtido no dia 10 para com o valor médio inicial, do parâmetro h em vagens PM, armazenadas a 5°C (90%UR) e submetidas a oito misturas de gases.

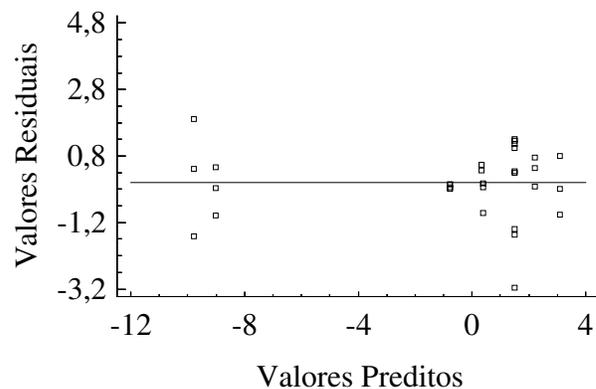


Figura 22- Análise de valores residuais versus valores preditos pelo modelo cúbico especial, ajustado à diferença de crescimento entre o valor médio obtido no dia 14 para com o valor médio inicial, do parâmetro h em vagens PM, armazenadas a 5°C (90%UR) e submetidas a oito misturas de gases.

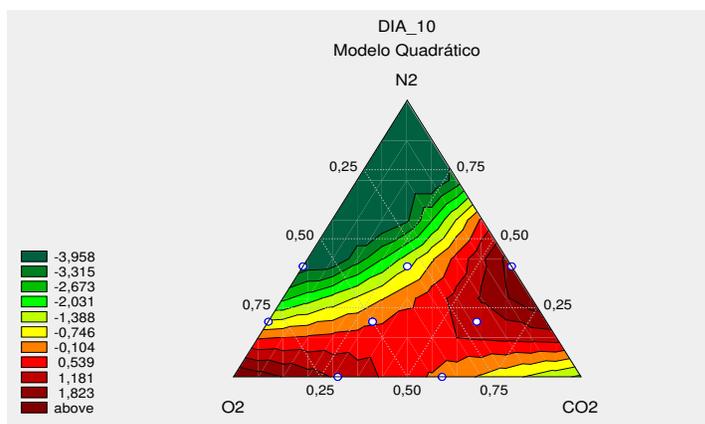


Figura 23- Curvas de nível para Hue, correspondentes à diferença entre os valores medidos nos dias 10 para com os valores iniciais medidos na face de corte das vagens MP, armazenadas a 5°C (90%UR) e submetidas a oito misturas de gases.

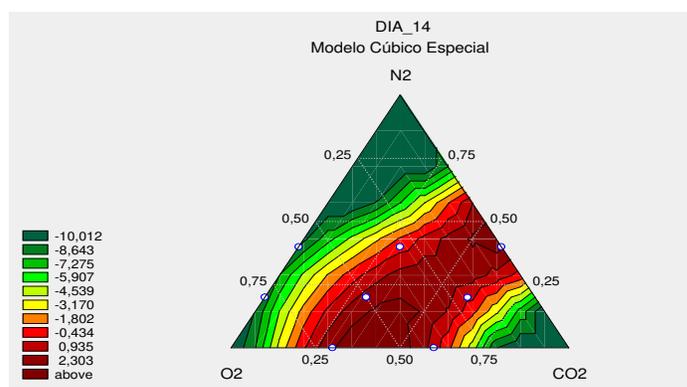


Figura 24- Curvas de nível para Hue, correspondentes à diferença entre os valores medidos nos dias 14 para com os valores iniciais medidos na face de corte das vagens MP, armazenadas a 5°C (90%UR) e submetidas a oito misturas de gases.

O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou no dia 10 enquanto o modelo cúbico especial para o dia 14. No dia 10, foi verificado que a interação $\text{CO}_2\text{.N}_2$ apresentou maior efeito em evitar a perda de clorofila dos tecidos da vagem. No dia 14, todas as interações do modelo matemático foram significativas. Através do maior coeficiente da interação $\text{O}_2\text{.CO}_2\text{.N}_2$ é possível observar que a determinadas pressões parciais destes três gases, obtêm-se um efeito de sinergia maior no valor de h.

As superfícies de contorno das Figuras 23 e 24 permitem também visualizar uma ampla faixa de pressões parciais de gases, onde ocorre menor queda do valor de h , conseqüentemente pequena alteração da cor verde das vagens. Dentro da região estudada, as Figuras 23 e 24, mostraram que nas regiões com maiores pressões parciais de CO_2 , houve tendência de haver um aumento do valor de h .

A influência do CO_2 em evitar a perda da coloração verde também foi confirmada por BUESCHER & HENDERSON (1977) em estudos com vagens cortadas em tamanhos de 3,5 cm, submetidas a um fluxo de ar com adição de teores de 10, 20 e 30 kPa CO_2 a 27°C e 90-95%UR. Estes estudos mostraram que a descoloração foi reduzida com o aumento do teor de CO_2 . Afirmaram que a atividade de níveis fenólicos e atividades de fenolase, fenilalanina amonialiase e peroxidase aumentaram após o corte das vagens. Comprovaram que a atividade de fenólicos e de fenolase reduziram em concentrações com 20% de CO_2 , sendo que o mesmo não ocorreu em ar. Também relataram que houve um melhor aroma das vagens mantidas em 20% e 30% de CO_2 do que em ar. TRAIL *et al.* (1992) estudaram a conservação de vagens inteiras embaladas em filme poliolefínico de baixa densidade a 5 e 10°C. Observaram que após 16 dias de armazenamento ocorreu a diminuição do ângulo hue, estando diretamente relacionado com a degradação da clorofila.

HEIMDAL *et al.* (1995) desenvolveram experimentos em alfaces minimamente processados e embalados com misturas de 80 kPa O_2 + 20 kPa CO_2 , a vácuo e por último em ar. Constataram que a mistura com altos teores de O_2 e CO_2 evitaram o escurecimento enzimático, afirmando que os teores de O_2 e/ou CO_2 podem ter inibido alguns sistemas de enzimas ou acelerado os processos que converteram os substratos em produtos sem cor.

Tal fato também está de acordo com afirmação feita por BEAUDRY (1999), a qual pressões altas de CO_2 (10/20 kPa) podem ser capazes de prevenir a degradação de clorofila. JACXSENS *et al.* (2001) estudaram a aplicação de altos teores de O_2 comparando com baixos teores (3 kPa) em hortaliças sensíveis ao escurecimento enzimático armazenadas a 4°C em filmes plásticos (escarola, aipo e cogumelos minimamente processados). Verificaram a inibição da descoloração enzimática sob atmosferas com alto teor de O_2 (70, 80 e 95) aplicados na embalagem de filme plástico hermeticamente fechada. Os cogumelos foram reprovados no teste sensorial após 6 dias sob alto teor de O_2 , enquanto somente após 3 dias quando embalados sob baixo teor de O_2 .

A Figura 25 compara a diminuição do ângulo hue (perda da coloração verde) das vagens submetidas às atmosferas controladas das misturas de gases e sob ar ambiente. Pode-se comprovar neste estudo com vagens MP a afirmação de BEAUDRY (1999) onde as misturas com somente altos teores de O₂ e ar ambiente tiveram uma queda mais acentuada do ângulo hue. Já, as demais misturas, que possuem teores de CO₂ associados a O₂ não tiveram esta diminuição do ângulo hue.

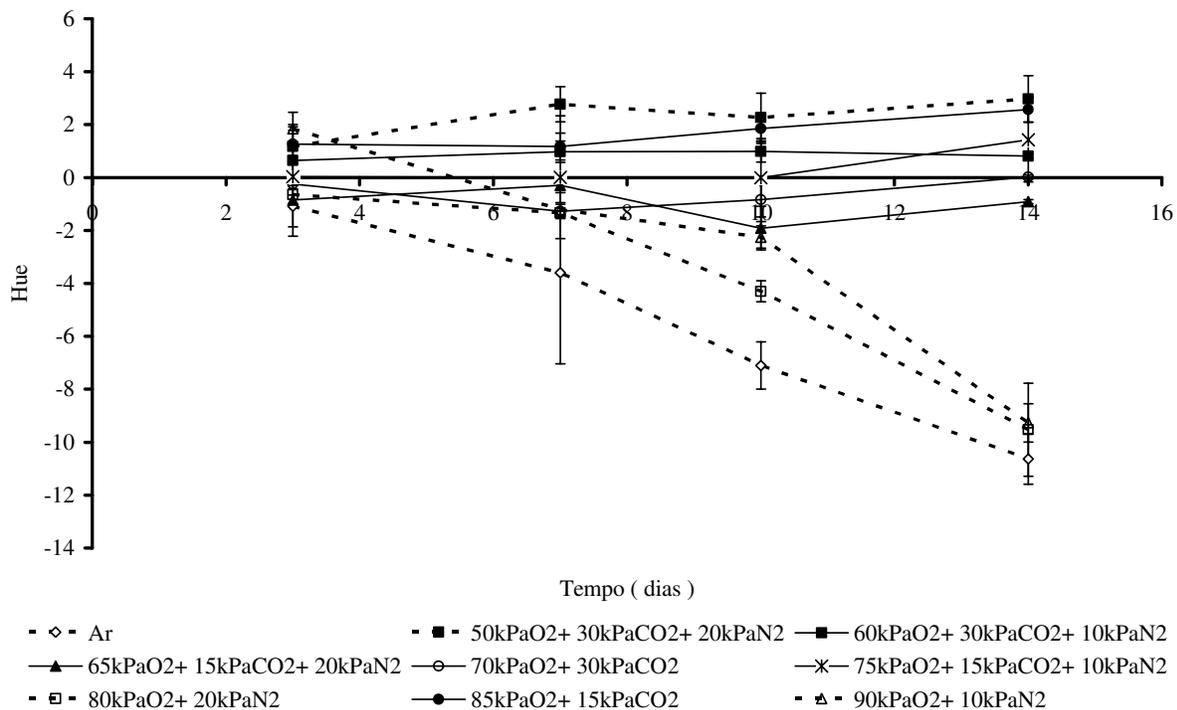


Figura 25- Curvas para Hue, correspondentes à diferença entre os valores medidos nos dias 3, 7, 10 e 14 para com os valores iniciais, medidos na face de corte das vagens PM, armazenadas a 5°C (90%UR) e submetidas a oito misturas de gases.

Neste estudo, quando o ângulo hue atingiu valores próximos de 110, foi comprovado visualmente o escurecimento da face de corte. As Figuras 26 e 27 mostram a coloração escura na face de corte das vagens mantidas sob fluxo de ar, comparando com a coloração verde nas vagens sob misturas de gases, com altos teores de O₂ associado a CO₂.



Figura 26- Aparência de vagens minimamente processadas armazenadas a 5°C (90%UR) durante 14 dias em frasco de vidro de 2,8 L sob um fluxo contínuo de ar.



Figura 27- Aparência de vagens minimamente processadas armazenadas a 5°C (90%UR) durante 14 dias em frasco de vidro de 2,8 L sob um fluxo contínuo de uma mistura de gás com 50kPaO₂ + 30kPaCO₂ + 20kPaN₂.

3.4.3.2 Cenouras

3.4.3.2.1 AA

Conforme Tabela 23, foi observado a diminuição do teor de AA durante o período de armazenamento. Através da análise da anova para os dias 3, 7, 10 e 14, verificou-se a existência de diferença estatística significativa ($P < 0,05$) entre as cenouras submetidas ao controle atmosférico das misturas de gases e ao ar ambiente (testemunha). A aplicação do teste de Tukey ($P < 0,05$) no dia 3 mostrou que ocorreu uma diferença estatística significativa entre as cenouras submetidas a misturas com 50, 60 e 70 kPa O₂ + 30 kPa CO₂ + balanço N₂ em relação ao ar ambiente.

Já, as misturas com menores teores de CO₂ (15 kPa) e/ou mais alto teor de O₂ não tiveram diferença estatística significativa com ar ambiente ($P < 0,05$), além de apresentarem maior taxa de decréscimo no teor de AA durante o período de armazenamento de 14 dias.

Tabela 23- Valores das diferenças de AA em cenouras processadas minimamente nos dias 0, 3, 7, 10 e 14, submetidas a diferentes atmosferas de gases e armazenadas a 11°C (90%UR).

Mistura de Gases	Ácido Ascórbico (mg ácido ascórbico 100 g ⁻¹ produto)				
	Dias de Armazenamento				
	0	3	7	10	14
Ar	6,38	-2,90 c,d	-2,82 c,d	-3,58 b,c	-3,52 c
50kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	4,63	-0,23 a,b	-1,34 a,b	-1,16 a	-1,82 a,b
60kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	4,63	0,23 a	-1,12 a	-1,17 a	-1,52 a,b
65kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	6,34	-1,35 a,b,c	-1,92 a,b,c	-1,73 a,b	-1,38 a
70kPaO ₂ + 30kPaCO ₂	6,34	-0,83 a,b	-1,30 a,b	-1,21 a	-1,70 a,b
75kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	7,24	-1,82 b,c,d	-2,48 b,c,d	-2,38 a,b,c	-2,86 b,c
80kPaO ₂ + 20kPaN ₂	8,15	-2,68 c,d	-3,50 d	-3,65 c	-3,36 c
85kPaO ₂ + 15kPaCO ₂	8,15	-3,29 d	-3,40 d	-2,51 a,b,c	-4,08 c
90kPaO ₂ + 10kPaN ₂	8,15	-3,33 d	-3,14 c,d	-2,80 a,b,c	-4,05 c
D.M.S.		1,689	1,350	1,867	1,337
C.V. %		32,82	20,27	29,07	17,30

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey $\leq 0,05$).

Nos dias 7 e 10, a influência das misturas de gases na perda de ácido ascórbico foi semelhante ao verificado no dia 3. No dia 14, a influência na menor queda do teor de ácido ascórbico das misturas com menores teores de O₂ e maiores de CO₂ ficou mais evidente.

HEIMDAL *et al.* (1995) constataram que a mistura de gás com 80 kPa O₂ + 20 kPa CO₂ aplicado em embalagem com alface minimamente processada, também diminuiu a degradação de vitamina C em comparação com outros tratamentos com baixo teor de O₂. O alto teor de CO₂ ou de O₂ foi a provável causa desta diminuição.

Neste trabalho, foi verificado comportamento semelhante ao de HEIMDAL *et al.* (1995) observado para alfaces. Mas, é possível verificar que nas vagens as misturas com teores de CO₂ mais elevados tiveram um efeito de inibição na perda de ácido ascórbico.

3.4.3.2.2 SST

Os resultados de sólidos solúveis (°Brix) das cenouras PM sob controle atmosférico obtidos nos dias 3, 7, 10 e 14 apresentaram diferenças estatísticas significativas entre as misturas de gases e o ar ambiente (testemunha), sendo obtido um valor de P menor que 0,004 através da análise da variância (ANOVA). Desta forma, aplicou-se o teste de Tukey (P<0,05), conforme apresentado na Tabela 24, para verificação das diferenças entre as misturas gasosas e o ar ambiente nos respectivos dias de análise das cenouras.

Através desta Tabela 24, observou-se que as cenouras com menor perda de sólidos solúveis, após 14 dias de armazenamento, foram às submetidas ao controle atmosférico de misturas com 50 e 60 kPa de O₂ e 30 kPa de CO₂.

De uma forma geral, durante o período de armazenamento, as misturas com 50 e 60 kPa O₂ + 30 kPa CO₂ tiveram uma diferença estatística significativa em relação à testemunha, assim como para com as misturas com teores mais altos de O₂, principalmente as misturas com O₂ acima de 75 kPa. Por outro lado, verificou-se nas análises dos dias 7 e 10 que as misturas com teores de O₂ de 80 kPa e 90 kPa tiveram uma perda de sólidos solúveis mais acentuada do que o ar ambiente sendo diferentes estatisticamente. Na faixa de teor de O₂ de 85 kPa, foi observada influência do alto teor de CO₂ (15 kPa) na mistura gasosa no 10º dia de armazenamento. Analisando também o efeito da sinergia dos teores de CO₂ com os de O₂ no dia 14, observou-se que os teores com 15 kPa e 30 kPa de CO₂, não tiveram efeito na perda de sólidos solúveis das cenouras a partir de misturas com teores de O₂ acima de 65 kPa.

Tabela 24- Valores das diferenças de Sólidos Solúveis Totais em cenouras processadas minimamente nos dias 0, 3, 7, 10 e 14, submetidas a diferentes atmosferas de gases e armazenadas a 11°C (90%UR).

Misturas de Gases	Sólidos Solúveis Totais (°Brix)				
	Dias de Armazenamento				
	0	3	7	10	14
Ar	8,06	-0,58 a,b	-1,00 b	-1,01 b	-1,23 a
50kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	8,40	-0,13 a	-0,33 d	-0,47 c	-0,53 b
60kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	8,40	-0,80 b	-0,27 d	-0,47 c	-0,53 b
65kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	7,73	-0,80 b	-0,86 b,c,d	-0,80 b,c	-1,39 a
70kPaO ₂ + 30kPaCO ₂	7,73	-0,66 b	-0,73 b,c,d	-0,86 b,c	-1,43 a
75kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	7,73	-0,65 b	-1,11 b,c	-1,30 a,b	-1,67 a
80kPaO ₂ + 20kPaN ₂	7,73	-0,93 b	-1,81 a	-1,79 a	-1,77 a
85kPaO ₂ + 15kPaCO ₂	7,73	-0,93 b	-1,53 a,b	-1,70 a	-1,64 a
90kPaO ₂ + 10kPaN ₂	7,73	-0,93 b	-1,75 a	-1,82 a	-1,79 a
D.M.S.		0,435	1,770	0,898	1,010
C.V. %		21,36	34,16	27,70	16,73

édias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey \leq 0,05).

Desta maneira, verificou-se um efeito sinérgico de misturas de O₂ e CO₂, sobre os sólidos solúveis, somente nas pressões parciais de 30 kPa CO₂ com 50 e 60 kPa O₂ em relação ao ambiente e as demais misturas. Esta influência na menor perda do °Brix destas misturas, causou uma diferença de 200% aproximadamente, em relação ao valor médio de °Brix para as demais misturas e ar ambiente.

Estudos realizados por AMANATIDOU *et al.* (2000), também encontraram resultados semelhantes aos do presente estudo em cenouras fatiadas processadas minimamente, constatando que foi mantido mais de 60% do teor de sucrose inicial para a mistura com 50 ou 70 kPa O₂ + 30 kPa CO₂ ou 1 kPa O₂ + 10 kPa CO₂, enquanto que as misturas com 90 kPa O₂ + 10 kPa CO₂ ou ar tiveram seus valores mais baixos.

CARLIN *et al.* (1990a) através de estudos com cenoura MP acondicionadas em diferentes condições de atmosfera modificada observaram a diminuição do conteúdo de açúcares após 12 dias, variando este decréscimo de 40 a 15%. Atmosferas com 5 kPa O₂ + 20 kPa CO₂ a 10°C tiveram maior redução, principalmente no teor de sucrose. Relatam que alta

taxa respiratória pode induzir a um consumo mais rápido das reservas da cenoura, principalmente de carboidratos.

TELES (2001) afirma que a concentração de sólidos solúveis é considerada uma variável da qualidade de frutas e hortaliças frescas e, pode indicar a ocorrência de desidratação do produto e/ou alto consumo de reservas energéticas. Atribuiu à respiração a causa da redução de sólidos solúveis totais, constatada em couves processadas minimamente e armazenadas a 5°C e 10°C. Tal hipótese foi também levantada por Bittencourt (2000), citado em TELES (2001), através da constatação da redução dos teores de glicose e frutose em couve MP, atribuindo o consumo destes açúcares à respiração e aos microrganismos de deterioração.

Sabe-se que a respiração aeróbica consiste da quebra oxidativa de reservas orgânicas para moléculas mais simples e podem incluir carboidratos, lipídeos e ácidos orgânicos. A respiração é mais lenta em atmosfera com menor teor de O₂, como consequência da redução da atividade metabólica (FONSECA *et al.*, 2002). Neste trabalho, considerando que as misturas estavam sob a mesma temperatura de armazenamento (11°C), os fatores externos que poderiam influenciar a taxa respiratória seriam as concentrações de O₂ e CO₂ das misturas.

No entanto, o ar (21 kPa O₂ + balanço N₂) apresentou uma queda superior do °Brix em relação às misturas com altos teores de O₂ entre 50 a 60 kPa. Desta maneira, comprovou-se que o alto teor de CO₂ (30 kPa) presente nas misturas com 50 a 60 kPa de O₂, pode ter causado um efeito inibidor na respiração das cenouras.

Segundo MATHOOKO (1996), uma das principais consequências de altos teores de CO₂ em produtos hortícolas frescos é o seu efeito na redução da taxa de respiração. Este efeito do CO₂ pode ser tanto de estimulador como de inibidor da respiração, dependendo de sua concentração, da concentração de oxigênio, tempo de exposição, cultivar e temperatura durante e subsequente à exposição do CO₂. Estudos realizados por GUNES *et al.* (2001) em maçãs fatiadas com altos teores de CO₂, também comprovaram a inibição da taxa respiratória através da aplicação de altos teores de CO₂, observaram que a respiração diminuiu quando a concentração de CO₂ aumentou (0 -30 kPa) em cada nível de O₂ testado (0 – 10 kPa), comprovando que as maçãs fatiadas toleram teores de CO₂ até 30 kPa, além de diminuir os níveis de concentração de acetaldeído, etanol e etil acetato nos tecidos.

A influência do CO₂ na taxa de respiração de cenouras foi observada por DAY (2001) onde a adição de 10 kPa CO₂ a mistura de 80 kPa O₂ diminuiu a taxa de respiração de

cenouras fatiadas e alface picada, quando armazenados a 8°C. HERNER (1987) afirma que como o CO₂ é um produto da respiração, espera-se que altas taxas possam inibir a taxa respiratória, tendo confirmando este efeito inibidor em várias hortaliças, como em batatas e cenouras. Verificou que a taxa respiratória foi diminuída por um período de 2 a 3 semanas quando submetidas durante 2 a 4 dias sob atmosferas com altos teores de CO₂ a 20°C.

Desta maneira, comprovou-se pelo resultado deste trabalho, que existe uma sinergia entre determinados valores de O₂ e CO₂ que proporciona um efeito inibidor na taxa respiratória, resultando na menor perda de sólidos solúveis em cenouras sob atmosferas com 50 a 60 kPa + 30 kPa CO₂ + balanço N₂.

3.4.3.2.3 pH

Os dados de pH das cenouras (Tabela 25), submetidos à análise de variância, mostraram que houve diferença estatística significativa ($P < 0,0001$) entre os valores de pH para as diferentes misturas gasosas e ar ambiente (testemunha). As misturas gasosas que diferiram entre si, foram determinadas pelo Teste de Variação Múltipla, aplicando o teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Os resultados do dia 3 mostraram que as misturas com altos teores de O₂ e CO₂ apresentaram diferença estatística significativa ($P \leq 0,05$) entre o ar e entre as misturas com somente teores altos de O₂. Esta diferença foi caracterizada pelo maior valor do pH nas misturas que possuem na sua composição associado teores altos de O₂ e CO₂ (30 kPa), estando seus valores entre $0,36 \pm 0,03$ a $0,51 \pm 0,05$. Já, para as misturas somente com teores altos de O₂ e ar ambiente, o aumento foi significativamente menor, variando de $0,07 \pm 0,02$ a $0,15 \pm 0,07$.

Nos dias 7, 10 e 14 houve uma diferença estatística entre os valores de pH das misturas com 50 a 70 kPa O₂ + 15 a 30 kPa CO₂ para com as misturas que possuem na sua composição teores de O₂ mais elevados e ar ambiente.

Tabela 25- Valores das diferenças de pH em cenouras processadas minimamente nos dias 0, 3, 7, 10 e 14, submetidas a diferentes atmosferas de gases e armazenadas a 11°C (90%UR).

Misturas de Gases	pH				
	Dias de Armazenamento				
	0	3	7	10	14
Ar	5,85	0,15 c	0,13 d,e	0,07 d	0,11 c,d
50kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	5,94	0,51 a	0,54 b,c	0,73 a	0,46 a
60kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	5,94	0,50 a,b	0,57 b	0,78 a	0,49 a
65kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	5,72	0,50 a,b	0,97 a	0,45 b	0,58 a
70kPaO ₂ + 30kPaCO ₂	5,72	0,36 b	0,64 b	0,55 b	0,58 a
75kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	5,80	0,43 a,b	0,49 b,c	0,25 c	0,26 b
80kPaO ₂ + 20kPaN ₂	5,88	0,07 c	0,04 e	0,06 d	0,08 c,d
85kPaO ₂ + 15kPaCO ₂	5,88	0,40 a,b	0,32 c,d	0,15 c,d	0,21 b,c
90kPaO ₂ + 10kPaN ₂	5,88	0,09 c	0,10 e	0,03 d	0,06 d
D.M.S.		0,139	0,223	0,161	0,144
C.V. %		14,55	18,41	16,49	15,90

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey \leq 0,05).

Não apresentaram diferença estatística significativa ($P\leq$ 0,05) o pH das cenouras mantidas sob ar ambiente e nas misturas com altos teores de O₂ de 80 e 90 kPa sem adição de CO₂, sofrendo pequena alteração do pH ao longo dos 14 dias de armazenamento. Desta maneira, observou-se nas cenouras processadas minimamente que o CO₂ em sinergia com teores de O₂ entre 50 a 70 kPa exerceu uma influência no pH. Os resultados deste trabalho estão de acordo com os relatados por DAY (2001) que afirma que altas concentrações de oxigênio aplicadas em cenouras fatiadas sob atmosfera modificada ativa, conservadas a 3°C e a 8°C não afetaram o pH do tecido.

Estudo realizado por SIRIPHANICH & KADER (1986) sobre a influência que altas concentrações de CO₂ exercem sobre o citoplasma e o pH de vacúolos, em tecidos de alface, mostrou que concentrações de 10 a 20 kPa induziram a um aumento de pH no tecido. Afirmaram que não foi possível saber se a causa deste aumento foi consequência do efeito do CO₂ sobre o metabolismo normal do tecido, ou uma reação pelos tecidos da planta agindo em resposta ao efeito de acidez do CO₂. A titulação por uma base dos tecidos homogeneizados de alface mostrou menos ácido titulável nos tecidos submetidos a atmosferas de CO₂ do que nos tecidos mantidos em ar ambiente. Assim, segundo os autores, pode estar operando um

mecanismo regulatório de pH quando o tecido da planta é submetido à alta concentração de CO₂.

Semelhante aumento de pH também foi constatado em abobrinhas italianas por MENCARELLI (1987) quando aplicou atmosferas com teores de CO₂ entre 2,5 kPa; 5 kPa e 10 kPa em mistura com ar (21 kPa) e armazenadas a 5°C durante 19 dias. O pH aumentou nos produtos mais novos de 6,2 para acima de 7,03 com o aumento do teor de CO₂. Por outro lado, experimentos com cenoura conservadas em atmosferas sob ar ambiente a temperatura de 5°C e 15°C, o pH permaneceu constante e igual a 6,5, enquanto que em atmosferas com baixo teor de O₂ (0,5 a 2 kPa) o pH diminuiu de 0,3 a 0,4 unidades (KATO-NOGUCHI-WATADA *et al.*,1997).

Também estudos desenvolvidos por KAKIOMENOU *et al.* (1996) com cenouras cortadas em palito embaladas em filmes plásticos, com baixos níveis de CO₂ tiveram uma diminuição do pH quando armazenadas a 10°C e a 5°C. Associaram esta diminuição de pH a produção de vários ácidos medidos nas amostras, como láctico, acético, málico, pirúvico e succínico. Afirmaram que os ácidos acético e láctico foram possivelmente produzidos por bactérias de ácido láctico, que crescem sob condições aeróbicas e quando encontram condições favoráveis para alimentarem-se dos nutrientes do suco celular da hortaliça. Verificase que estes resultados acima estão de acordo com os observados para as cenouras fatiadas neste trabalho, onde a variação de pH para as misturas com altos teores de O₂ foi muito pequena, enquanto que para as misturas com altos teores de CO₂, ocorreu uma variação de 0,46 a 0,97 (Tabela 25).

Segundo MATHOOKO (1996), uma hipótese que tem sido utilizada para explicar a influência de elevados níveis de CO₂ sobre o metabolismo da respiração em frutas e hortaliças é sua influência sobre o pH celular. Considera que sob elevados níveis de CO₂, o pH de frutas e hortaliças poderia diminuir (através da dissociação de ácido carbônico para bicarbonato e íons de hidrogênio) para um nível o qual as funções fisiológicas normais não poderiam ser mantidas. Consideram que as alterações do pH as quais podem ser mediadas pelo dióxido de carbono podem ter uma influência importante sobre várias enzimas e intervir nos vários modelos de metabolismo através do ajuste de sua síntese e impedimento de sua ação.

Outros estudos sugerem que alterações do pH, por si próprio, não podem ser o único fator limitante na modificação do ciclo do TCA pelo dióxido de carbono, embora o gás

difundindo-se livre através das membranas do tecido celular, poderia mudar o pH interno e conseqüentemente afetar a atividade de enzimas e taxas de oxidação (MATHOOKO, 1996). Segundo Mitz (1979), citado em MATHOOKO (1996), o dióxido de carbono pode ter efeitos diretos sobre as atividades do metabolismo, distintas das mediadas pela alteração de pH. Desta maneira, uma alteração da concentração limitada a certa região do interior da célula pelo CO₂, pode acentuadamente influenciar o metabolismo da célula através de alterações dinâmicas de seus constituintes. Já, nos experimentos com cenouras esta diferença no valor do pH destacou-se entre as misturas com 50 a 70 kPa O₂ + 30 kPa CO₂ em relação às demais. Uma possível explicação para tais diferenças de pH pode estar relacionada à diferença de concentração inicial do CO₂ e as diferenças de solubilidade do O₂ e CO₂.

3.4.3.2.4 Acidez Titulável

A análise de variância aos valores da Tabela 26, mostrou que existe diferença estatística significativa (P<0,05) entre as misturas e ar ambiente com relação à acidez titulável.

A Tabela 26 mostra os valores médios de acidez e o resultado da análise das misturas gasosas que diferiram entre si, feita pelo teste de Tukey (P<0,05). De uma maneira geral, observou-se uma correlação do decréscimo dos valores de acidez titulável das cenouras durante o período de armazenamento para com os aumentos de pH correspondentes. No entanto, exceção foi observada no dia 14 para o valor da acidez titulável da mistura com 50 kPa O₂ + 30 kPa CO₂, onde apresentou um valor pequeno em comparação com as outras misturas com valores de pH semelhantes. Tal fato também foi encontrado por SIRIPHANICH & KADER (1986) nos estudos de alteração do pH citoplasmático e vacuolar de tecidos de alfaces submetidos a concentrações de 15 kPa de CO₂ durante 6 dias a 0°C.

No dia 7, a maior queda de acidez foi observada nas misturas de 65 e 70 kPa O₂, correspondendo também a maior elevação de pH das mesmas. As análises dos dias 7 e 10 demonstraram que não ocorreu diferença estatística significativa entre a testemunha e as misturas com altos teores de O₂ com exceção das misturas com 65 e 70 kPa O₂.

Tabela 26- Valores das diferenças de acidez titulável em cenouras processadas minimamente nos dias 0, 3, 7, 10 e 14, submetidas a diferentes atmosferas de gases e armazenadas a 11°C (90%UR).

Mistura de Gases	Acidez Titulável (g ácido málico 100g ⁻¹ produto)				
	Dias de Armazenamento				
	0	3	7	10	14
Ar	0,1734	-0,0068 a	-0,0323 a	0,0019 f	-0,0045 a
50kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	0,1456	-0,0142 a,b	-0,0294 a	-0,0232 c,d	-0,0074 a,b
60kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	0,1456	-0,0154 a,b	-0,0211 a	-0,0311 b,c	-0,0124 a,b
65kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	0,2501	-0,0404 a	-0,1357 c	-0,0502 a,b,c	-0,0582 c,d
70kPaO ₂ + 30kPaCO ₂	0,2501	-0,0230 a,b	-0,1115 b,c	-0,0791 a	-0,0808 d
75kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	0,1872	-0,0266 b	-0,0633 a,b	-0,0222 c,d,e	-0,0384 b,c
80kPaO ₂ + 20kPaN ₂	0,1244	-0,0228 a,b	-0,0170 a	0,0053 f	-0,0051 a,b
85kPaO ₂ + 15kPaCO ₂	0,1244	-0,0347 b	-0,0162 a	0,0050 f	-0,0019 a
90kPaO ₂ + 10kPaN ₂	0,1244	-0,0229 a,b	-0,0109 a	-0,0096 e,f	-0,0093 a,b
D.M.S.		0,027	0,059	0,040	0,050
C.V. %		40,71	41,17	60,63	71,08

Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra comum, dentro das colunas, não diferem significativamente entre si (Tukey \leq 0,05).

Sabe-se que a flora microbiana presente em hortaliças é muito variável, sendo possível a produção de ácidos acético e láctico por bactérias de ácido láctico, que crescem sob condições aeróbicas e quando encontram condições favoráveis para alimentarem-se dos nutrientes do suco celular da hortaliça. Segundo KAKIOMENOU *et al.* (1996) bactérias de ácido láctico, encontradas em seus estudos com cenouras MP, poderiam causar o aumento da acidez.

Estudos de atmosferas controladas em morangos desenvolvidos por LI & KADER (1989), aplicando fluxos contínuos de misturas sob diferentes teores de O₂ e CO₂ (1º experimento: ar, ar + 10, 15 ou 20 kPa CO₂; 2º experimento: ar; 2,0 kPa O₂ + 10 kPa CO₂; 1,0 kPa O₂ + 15 kPa CO₂ e 0,5 kPa O₂ + 20 kPa CO₂) durante 7 dias não tiveram efeito significativo sobre a acidez titulável, pH, ácido ascórbico, sólidos solúveis.

MENCARELLI (1987) analisando o efeito de atmosferas com ar + 2,5; 5,0 e 10 kPa CO₂ em abobrinhas italianas mantidas a 5°C, observou um progressivo decréscimo na acidez titulável de aproximadamente 0,5 a 0,7 meq /100g em todos os experimentos com o aumento do CO₂, com exceção para os produtos mantidos sob ar. Os valores retornaram ao nível inicial

do produto fresco após transferência para o ar a 13°C. Observaram que o aumento da alcalinidade do tecido da abobrinha, devido ao alto CO₂ é reversível.

3.4.3.3 Microrganismos de Deterioração de Feijão-Vagem e Cenoura

É mais difícil de determinar os patógenos de importância em frutas e hortaliças, uma vez que, são microrganismos muito exigentes, não crescem facilmente, sendo ainda maus competidores com a microbiota natural presente nas hortaliças e frutas desde a produção. Desta forma, geralmente é analisado o crescimento de microrganismos chamados de indicadores. Estes microrganismos indicadores gerais constituíram-se de bactérias aeróbicas mesófilas e psicotróficas.

A presença destes microrganismos em número elevado pode indicar práticas sanitárias inadequadas (processo/armazenamento), matéria-prima de má qualidade e provável presença de patógeno (SILVEIRA, 2003). Na matéria-prima procedeu-se também a uma análise da presença de microrganismos indicadores de contaminação fecal, os quais correspondem a Coliformes Totais.

As vagens e cenouras apresentam pH>4,5 o que proporciona condições mais favoráveis ao desenvolvimento de bactérias aeróbicas. Com base na temperatura, pode-se caracterizar o desenvolvimento das bactérias psicotróficas, desenvolvem-se melhor em ambientes com temperaturas mínimas entre -5°C/+5°C, ótimas entre 25°C/30°C e mesófilas que encontram melhores condições em temperaturas mínimas de 5°C/15°C, ótimas entre 30°C/45°C (OKAZAKI, 2003).

Os resultados de coliformes totais, bolores, aeróbios mesófilos e psicotróficos relativos ao produto inteiro transportado do campo e após o processamento mínimo, são apresentados nas Tabelas 27 e 28, respectivamente para as vagens e as cenouras. Observou-se pelas análises dos produtos inteiros, alta contagem de coliformes totais, além de bactérias aeróbicas e bolores. Segundo SILVEIRA (2003), a presença elevada de coliformes totais em hortaliças frescas é um indicativo da ocorrência de contaminação de origem fecal ou também pode indicar condições sanitárias inadequadas durante o manuseio pós-colheita, processamento, produção ou armazenamento e distribuição. POSPIŠIL *et al.* (2001) analisando a contagem de microrganismos aeróbios em cenouras colhidas, obteve valores que variaram de 4,0 a 7,0 log UFC.g⁻¹.

Os resultados microbiológicos após a realização do processamento mínimo, mostraram que o processo de sanitização com cloro ativo apresentou diferenças, quanto ao seu efeito na redução desta flora microbiana. Através das Tabelas 27 e 28, verificou-se que coliformes totais e bolores foram mais sensíveis à ação do cloro, uma vez que ocorreu uma redução média na contagem de 2,62 ciclos $\log\text{UFC.g}^{-1}$ e 2,14 ciclos $\log\text{UFC.g}^{-1}$, respectivamente. Já, as bactérias mesófilas e psicrotróficas tiveram uma redução de 1,43 ciclos $\log\text{UFC.g}^{-1}$ e 1,29 ciclos $\log\text{UFC.g}^{-1}$, respectivamente. Desta maneira, também foi constatado que a sanitização não eliminou completamente a flora microbiana presente nos produtos.

Tabela 27- Resultado das análises de microrganismos indicadores nas vagens *in natura* e após o processamento mínimo.

Produto	Microrganismos	Experimentos			Média
		1º	2º	3º	
In Natura	Coliformes totais	3,52	5,04	4,54	4,37
	Bolores	4,81	4,58	4,34	4,58
	Psicrotróficos	3,75	3,65	4,57	3,99
	Mesófilos	5,87	5,91	5,00	5,59
Minimamente Processado	Coliformes totais	1,00	2,75	2,45	2,07
	Bolores	0,95	3,26	2,79	2,33
	Psicrotróficos	3,11	3,34	3,71	3,39
	Mesófilos	5,64	3,26	4,00	4,3

Verificou-se que as diferenças na contagem de microrganismos relacionados aos períodos diferentes da colheita resultaram em contagens diferentes após o processamento mínimo. As causas para tais diferenças podem estar relacionadas as diferentes condições de higiene na produção, no manuseio da colheita e até mesmo após a colheita antes de se realizar o processamento mínimo. Segundo BRACKETT (1999) no caso de hortaliças *in natura*, cada etapa desde a produção até chegar ao consumidor têm um grande impacto sobre a segurança microbiológica destes produtos. A escolha do local de produção é provavelmente o fator inicial que irá afetar esta segurança. Algumas bactérias podem, sobreviver em solos contaminados durante meses ou até mesmo durante anos.

Tabela 28- Resultado das análises de microrganismos indicadores nas cenouras *in natura* e após o processamento mínimo.

Produto	Microrganismos	Experimentos			Média
		1º	2º	3º	
In Natura	Coliformes totais	5,00	3,00	4,50	4,17
	Bolores	4,99	3,00	4,20	4,06
	Psicrotróficos	5,00	4,48	4,00	4,49
	Mesófilos	5,00	4,48	4,30	4,59
Minimamente Processado	Coliformes totais	0,87	1,00	1,82	1,23
	Bolores	2,74	2,88	0,48	2,03
	Psicrotróficos	3,60	2,87	2,30	2,92
	Mesófilos	3,01	2,22	2,60	2,61

Segundo Watkins & Sleah (1981), citado em BRACKETT (1999), *Salmonela e L. monocytogenes* poderiam sobreviver durante meses em solos agrícolas irrigados com água de esgoto. Também o nível de higiene pessoal dos trabalhadores em contato com o produto tem uma importante influência sobre a transmissão de bactérias patogênicas ao produto durante a colheita. Por exemplo, Ackers (1997), citado em BRACKETT (1999), relatou que a provável fonte de contaminação de cólera foram trabalhadores agrícolas, em contaminação causada pelo consumo de melões fatiados.

As etapas do processamento mínimo envolvem o contato humano, na imersão em água e nos processos de corte e fatiamento. Produtos industriais são comumente utilizados na água de processamento de frutas e hortaliças processadas minimamente, onde muitas vezes, assumem incorretamente que estes sanitizantes têm como função a eliminação de microrganismos presentes nas frutas e hortaliças. Na verdade, os sanitizantes são fundamentalmente utilizados para manter a qualidade bacteriológica da água ao invés do produto (BRACKETT, 1999). BRACKETT (1987) encontrou que 200 µg mL⁻¹ de hipoclorito reduziu populações de *L. monocytogenes* em torno de 8 ciclos log enquanto que em couve-de-bruxelas somente 2 ciclos log. Também observou que a lavagem somente em água reduziu a contagem deste microrganismo em 1 ciclo log. Desta forma, como observado neste trabalho, embora os sanitizantes possam ajudar na diminuição de microrganismos de deterioração, eles não causam a eliminação do produto.

A cinética de crescimento das bactérias, obtida durante o armazenamento das cenouras e vagens (Tabelas 51a e 52a), foi analisada segundo o planejamento experimental desenvolvido para mistura de gases, sendo utilizado o Software Estatística 5.0.

O estudo do ajuste de modelos empíricos foi desenvolvido para os dias 3, 7, 10 e 14. As variáveis independentes que consistiam das pressões parciais de O₂, CO₂ e N₂ da mistura foram transformadas em pseudocomponentes. A variável dependente consistiu, do crescimento de bactérias mesófilas e psicotróficas. Na determinação do melhor modelo para o ajuste dos valores experimentais para vagem e cenoura foram considerados intervalos de confiança respectivamente de 90 e 95%.

Através da análise da ANOVA nas Tabelas 53a, 54a, 55a, 56a, 57a, 58a, 59a e 60a, foi verificado que os modelos codificados resultantes para cada dia (3, 7, 10 e 14) apresentaram os mesmos coeficientes tanto para as bactérias mesófilas como para as psicotróficas. Também não houve diferenças dos modelos entre as cenouras e as vagens minimamente processadas. Portanto, o efeito das diferentes misturas de gases, sobre a inibição das bactérias não tiveram influência do produto assim como a temperatura de armazenamento (5°C para as vagens e 11°C para as cenouras).

Uma explicação pode ser decorrente das propriedades químicas que são semelhantes entre os produtos, como exemplo tem-se o valor médio inicial do pH da vagem e da cenoura respectivamente iguais a 6,0 e 5,8, que pode ter favorecido em ambos os produtos o predomínio de um mesmo microrganismo de deterioração.

Segundo BUICK & DAMOGLU (1987), também pode ocorrer uma mudança da composição da flora inicial ao longo do armazenamento de hortaliças MP. Verificou que em cenoura, a flora era inicialmente composta de 70% *Erwinia* spp., 20% *Pseudomonas* spp. e 10% *Bacilos* spp. Decorridos oito dias de armazenamento a 4°C, o microrganismo predominante acabou sendo a *Leuconostoc* spp nas cenouras embaladas a vácuo, enquanto que nas cenouras embaladas em ar foi a *Erwinia* spp. Afirmaram que conforme as condições a que são submetidos os microrganismos, estes podem encontrar dificuldades para se desenvolver.

Segundo OKAZAKI (2003), a formação da flora microbiana vai depender das condições presentes no produto que podem favorecer ou inibir o crescimento de certos microrganismos. Afirma que alguns microrganismos psicotróficos são sensíveis ao CO₂, como as bactérias *Pseudomonas*, *Bacilos cereus*. Já, microrganismos chamados

microaerófilos, como *Campilobacter*, bactérias de ácido láctico (*Lactobacillus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*) toleram altos teores de O₂. Também bactérias psicrotróficas desenvolvem-se mais facilmente em produtos com menos nutrientes ao contrário de bactérias de ácido láctico que são mais exigentes quanto à presença de nutrientes.

Na

Tabela 29 têm-se os coeficientes dos modelos codificados resultantes, sendo excluídos os coeficientes cujo valor de P eram maiores do que 0,05 ou 0,10, uma vez que, estes coeficientes estavam fora do intervalo de confiança definido (90 ou 95% conforme o produto). Desta forma, obteve-se o modelo empírico codificado que permite estimar dentro da faixa de gases definida no planejamento experimental, a cinética de crescimento das bactérias correspondentes aos dias 3, 7, 10 e 14. Ainda, como teste da validade do modelo, foi analisado o gráfico dos valores dos resíduos versus valores preditos, apresentados através das Figuras 28, 29, 30 e 31, respectivamente para os dias 3, 7, 10 e 14. Deve-se observar nestes gráficos a ocorrência de uma distribuição aleatória dos pontos obtidos em relação à reta central para que o modelo seja válido. Verificou-se que os pontos distribuídos em todos os gráficos estão aleatoriamente dispersos em ambos os lados da reta central.

Tabela 29- Modelos codificados da cinética de crescimento de bactérias aeróbias psicrotróficas em vagens PM, correspondentes as diferenças entre os valores medidos nos dias 3, 7, 10 e 14 para com os valores iniciais; armazenadas a 5°C (90%UR) e submetidas a oito misturas de gases.

Modelos Codificados para Bactérias Psicrotróficas e Mesófilas								
Parâmetros da Equação	Dia 3		Dia 7		Dia 10		Dia 14	
	Coeficiente	Valor P						
O ₂	2,30		1,87		1,58		3,00	
CO ₂	3,20		1,05		3,46		4,69	
N ₂	-0,54		-11,87		4,95		3,29	
O ₂ .N ₂			22,76	0,003				
O ₂ .CO ₂	-9,82	0,0001					-6,08	0,02
CO ₂ .N ₂	-7,32	0,01	18,12	0,010	-15,74	0,0004	-11,73	0,003
O ₂ .CO ₂ .N ₂			-26,44	0,006	23,59	0,005		
R ²	72,67		69,00		63,30		57,80	
R ² (ajustado)	68,11		62,30		57,14		50,80	

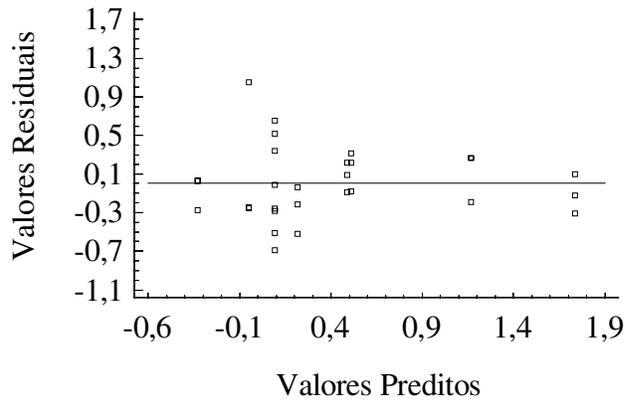


Figura 28- Análise de valores residuais versus valores preditos pelo modelo quadrático, ajustado à diferença de crescimento entre o valor médio obtido no dia 3 para com o valor médio inicial, de bactérias psicrotróficas em vagens PM, armazenadas a 5°C/90%UR e submetidas a oito diferentes misturas de gases.

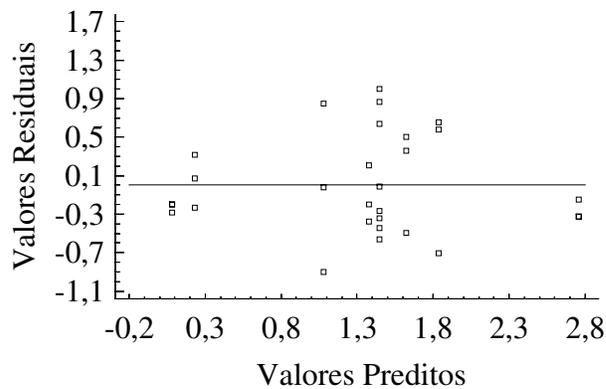


Figura 29- Análise de valores residuais versus valores preditos pelo modelo cúbico, ajustado à diferença de crescimento entre o valor médio obtido no dia 7 para com o valor médio inicial, de bactérias aeróbias psicrotróficas em vagens PM, armazenadas a 5°C (90%UR) e submetidas a oito misturas de gases.

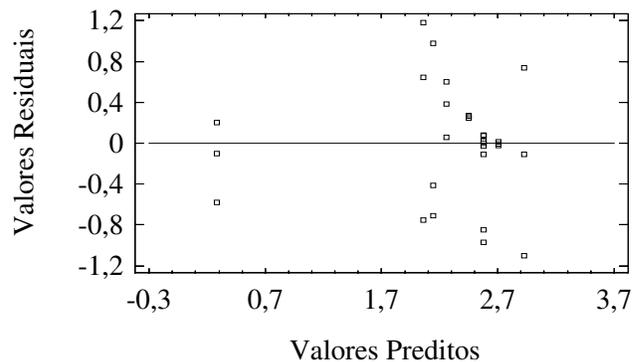


Figura 30- Análise de valores residuais versus valores preditos pelo modelo cúbico, ajustado à diferença de crescimento entre o valor médio obtido no dia 10 para com o valor médio inicial, de bactérias aeróbias psicrotróficas em vagens MP, armazenadas a 5°C/90%UR e submetidas a oito misturas de gases.

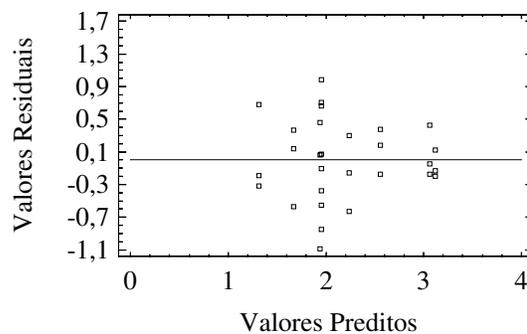


Figura 31- Análise de valores residuais versus valores preditos pelo modelo quadrático, ajustado à diferença de crescimento entre o valor médio obtido no dia 14 para com o valor médio inicial, de bactérias aeróbias psicrotróficas em vagens PM, armazenadas a 5°C (90%UR) e submetidas a oito misturas de gases.

A análise de variância dos modelos empíricos nas Tabelas 56a, 57a, 58a, 59a, 60a, 61a, 62a e 63a, mostrou que o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou no dia 3 e o modelo cúbico especial para os dias 7 e 10. No dia 14 ambos os modelos, quadrático e cúbico

especial resultaram como modelos adequados para representar os dados experimentais. No entanto, o modelo quadrático foi escolhido em função de apresentar uma menor falta de ajuste aos dados experimentais.

O modelo ajustado ao dia 3 demonstra que a interação $O_2.CO_2$ e $CO_2.N_2$, através de seu sinal negativo, tiveram um efeito de inibição da cinética de crescimento das bactérias neste período. Também através do valor do coeficiente é possível verificar que a interação entre o $O_2.CO_2$ exerceu maior influência neste atraso de crescimento.

O modelo ajustado no dia 7 mostrou que a sinergia entre os três gases ($O_2.CO_2.N_2$) exerceu maior efeito no atraso do crescimento das bactérias. No dia 10, o sinal negativo da interação dos gases $CO_2.N_2$ mostrou como sendo a interação de maior efeito na evolução das bactérias neste período. O alto teor de O_2 também apresentou coeficiente negativo no dia 7 na interação com $CO_2.N_2$ ou somente com CO_2 nos dias 3 e 14. Verificou-se seu efeito inibidor no crescimento de bactérias aeróbias em sinergia com o CO_2 . Na formulação da mistura de gases, o gás N_2 é utilizado para o balanço da mistura, sendo considerado inerte.

Desta forma, através de seu sinal negativo nos dias 3 e 7, comprovou-se que tem uma influência indireta no atraso do crescimento das bactérias, através das pressões parciais resultantes entre os gases O_2 e CO_2 que compõem a mistura. Ao longo do período de armazenamento, verificou-se que o gás CO_2 apresentou-se com sinal negativo em todos modelos, demonstrando que é o principal fator no controle da inibição do crescimento das bactérias.

Através do programa Statística 5.0, foram construídos gráficos de superfície de contorno para os modelos empíricos codificados da Tabela 29. As Figuras 32, 33, 34 e 35 respectivamente para os dias 3, 7, 10 e 14, permitiram visualizar a região em que a composição dos teores de O_2 , CO_2 e N_2 tiveram maior influência no atraso da evolução das bactérias.

No dia 3, visualiza-se que a região central do triângulo apresenta-se com menor crescimento das bactérias, estando esta região aproximadamente compreendida entre os valores de 50 a 65 kPa O_2 e 0 a 30 kPa CO_2 mais balanço de N_2 . No dia 7, esta região de maior atraso está compreendida entre 50 a 70 kPa O_2 e entre 0 a 30 kPa CO_2 mais balanço de N_2 . Nos dias 10 e 14, observa-se a região compreendida entre 50 a 60 kPa de O_2 e 20 a 30 kPa CO_2 mais balanço de N_2 , como sendo a região com menores valores de crescimento das

bactérias. De uma maneira geral, os teores de O₂ iguais ou menores do que 60 kPa, e de CO₂ maiores do que 30 kPa resultaram em um maior efeito no atraso do crescimento das bactérias estudadas. Este trabalho apresentou resultados de inibição do crescimento de microrganismos semelhantes com as de AMANATIDOU *et al.* (1999). Estes autores comprovaram que concentrações de 80 e 90kPa O₂ não inibiram fortemente o crescimento microbiológico. Concluíram que o efeito sinérgico de 80 e 90 kPa O₂ com 10 e 20 kPa CO₂ apresentou um efeito inibitório muito mais eficaz sobre o crescimento de todos os microrganismos. Gonzalez & Day (1998), citado em DAY (2001), afirmaram que 99kPa O₂ não evitou sozinho o crescimento de alguns dos seguintes microrganismos: *P. fragi*, *A. hydrophila*, *Y. enterocolitica* e *L. monocytogenes*. No entanto, a combinação de uma atmosfera inicial com 80kPa O₂ e 20kPa CO₂ foi mais efetiva na inibição do crescimento de todos os microrganismos testados a 8°C.

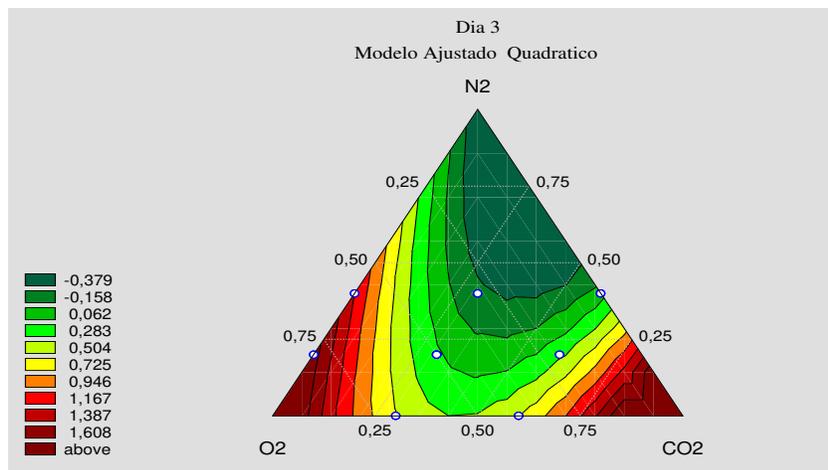


Figura 32- Curvas de nível ajustado ao modelo quadrático, correspondentes à diferença de crescimento entre os valores médios obtidos no dia 3 para com o valor médio inicial de bactérias psicrotróficas em vagens PM, submetidas a oito misturas de gases e armazenadas a 5°C (90%UR).

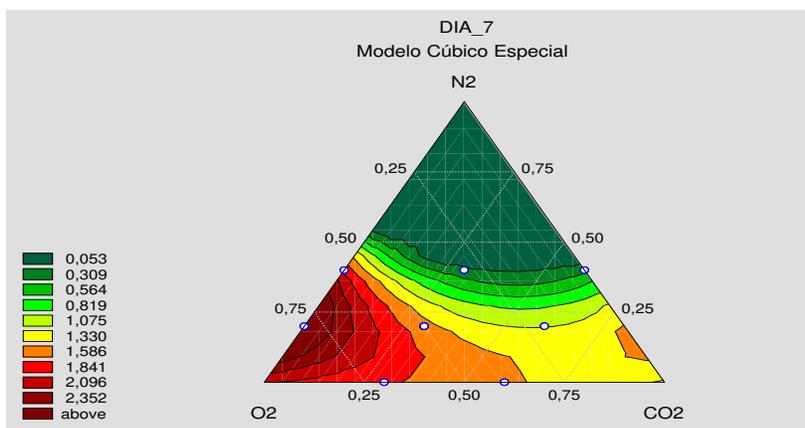


Figura 33- Curvas de nível ajustado ao modelo quadrático, correspondentes à diferença de crescimento entre o valores médios obtidos no 7º dia para com o valor médio inicial de bactérias psicotróficas em vagens PM, submetidas a oito misturas de gases e armazenadas a 5°C (90%UR).

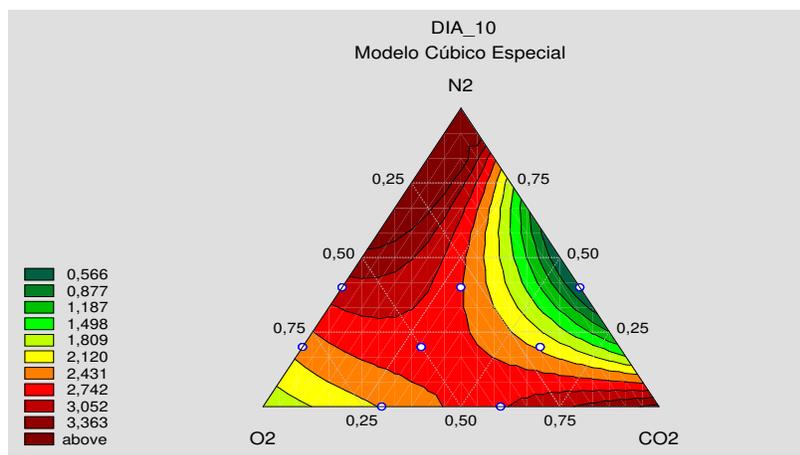


Figura 34- Curvas de nível ajustado ao modelo quadrático, correspondentes à diferença de crescimento entre o valores médios obtidos no 10º dia para com o valor médio inicial de bactérias psicotróficas em vagens PM, submetidas a oito misturas de gases e armazenadas a 5°C (90%UR).

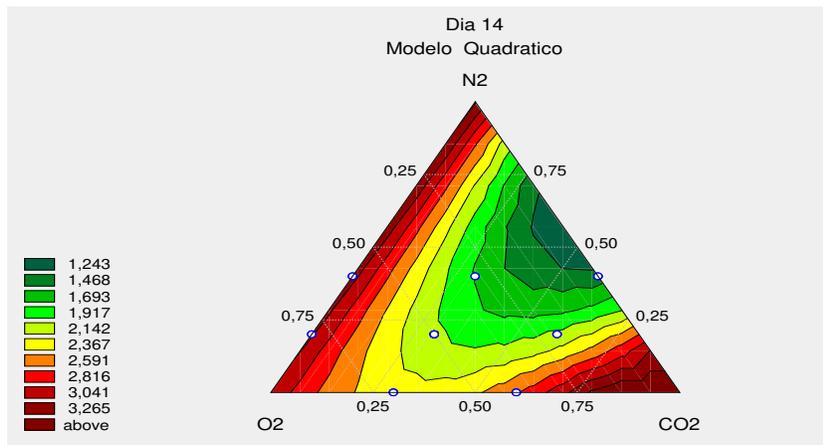


Figura 35- Curvas de nível ajustado ao modelo quadrático, correspondentes à diferença de crescimento entre o valores médios obtidos no 14º dia para com o valor médio inicial de bactérias psicrotróficas em vagens PM, submetidas a oito misturas de gases e armazenadas a 5°C (90%UR).

KADER & BEN-YEHOSHUA (2000) afirmam que altas concentrações de O₂ reduzem os efeitos negativos de altas concentrações de CO₂ permitindo seu uso para o controle de deterioração. Segundo SHEWFELT (1986), as combinações requeridas de teores de O₂ e CO₂ que melhor atuam na vida útil de uma fruta ou hortaliça variam com o tipo de hortaliça, com a cultivar, com as condições climáticas e práticas culturais.

Neste trabalho é possível constatar que os maiores teores de CO₂, foram os principais responsáveis pelo efeito bacteriostático de inibição do crescimento das bactérias aeróbias, confirmando relato de Farber, 1991, citado em VANETTI, (2000). Segundo este autor, existem diversas teorias do modo de atuação do CO₂ sobre as bactérias: alterações da membrana microbiana; inibição direta ou decréscimo da velocidade de reações enzimáticas; penetração na membrana celular e subsequente alteração no pH intracelular e alterações nas propriedades físico-químicas das proteínas. Também foi verificado nos experimentos com altos teores de O₂ e CO₂, a melhor eficiência do CO₂ contra o desenvolvimento de microrganismos com o aumento de sua concentração.

Outro fator importante a ser considerado é a exposição de hortaliças a concentrações de O₂ e CO₂, respectivamente, abaixo e acima do seu limite de tolerância que pode aumentar a

respiração anaeróbia e o conseqüente desenvolvimento de odores estranhos, por meio do acúmulo de etanol e acetaldeído. No entanto, segundo KADER & BEN-YEHOSHUA (2000), as atmosferas com altos teores de CO₂ associado a altos teores de O₂ podem evitar estes problemas citados acima.

HOWARD & DEWI (1995) relatam que é importante preocupar-se com a inibição do crescimento de microrganismos de deterioração, principalmente em hortaliças processadas minimamente que normalmente são consumidas cruas. Tal fato deve-se as substâncias tóxicas que podem ser produzidas quando a contagem microbiológica excede a 6 logUFCg⁻¹.

A taxa de crescimento das bactérias (psicrotróficas e mesófilas) submetidas às pressões parciais de gases de 50 e 60 kPa O₂ foi sensivelmente menor comparado com o crescimento em ar ambiente (Figura 36). Resultados semelhantes foram obtidos por AMANATIDOU *et al.* (2000), onde o gênero de bactéria *Enterobacter* (psicrotrófica) sofreu maior inibição de crescimento em cenouras PM armazenadas a 8°C, na atmosfera de 50 kPa O₂ + 30 kPa CO₂.

Conforme valores das Tabelas 51a e 52a, as bactérias mantidas sob atmosfera de ar ambiente indicaram uma taxa de crescimento média de 1,72 ± 0,58; 2,68 ± 0,65; 3,30 ± 0,82 e 3,88 ± 0,87 logUFCg⁻¹ respectivamente nos dias 3, 7, 10 e 14.

Já, as cenouras e vagens mantidas nas misturas gasosas de 50 a 60 kPa O₂ + 30 kPa CO₂, correspondendo as que mais inibiram o crescimento das bactérias, tiveram os seguintes valores médios de taxa de crescimento: 0,06 ± 0,46; 0,74 ± 0,40; 1,23 ± 0,86 e 2,01 ± 0,95 logUFCg⁻¹ respectivamente nos dias 3, 7, 10 e 14 dias.

Assim, os valores obtidos no presente estudo, são semelhantes aos encontrados por JACXSENS *et al.* (2001) que constataram uma diferença de 1,85 logUFCg⁻¹ no crescimento de aeróbios psicrotróficos para aipos mantidos a 4°C após 7 dias, quando comparou a aplicação de alto e baixo teor de O₂ no interior de embalagem hermeticamente fechada (6,04 ± 0,80 logUFCg⁻¹ em alto teor e 7,85 ± 0,32 logUFCg⁻¹ em baixo teor).

Sabe-se que a contagem de microrganismos indicadores serve como um sistema de aviso que a qualidade (portanto, a condição de venda do produto) terminou, não devendo ser consumido (BRACKETT, 1987).

Para algumas hortaliças como cenoura, alface e repolho, segundo BETTS (2001), os níveis recomendados são: 5,6; 4,3 e 3,6–6,3 logUFCg⁻¹, respectivamente. LEE *et al.* (1996) e

POSPISIL *et al.* (2001) consideraram como parâmetro para determinar a vida de prateleira, para salada de hortaliças e cenouras fatiadas prontas para consumo, quando o crescimento microbiológico atingiu 7–8 logUFCg⁻¹.

JACXSENS *et al.* (2003), analisaram a relação entre a qualidade do produto e a contagem de microrganismos psicotróficos, em particular a bactéria de ácido láctico e leveduras. Concluíram que os limites para a vida de prateleira de hortaliças situam-se quando a contagem excede a 8,0 logUFC.g⁻¹ para psicotróficos, 7 a 8 logUFC.g⁻¹ para bactérias de ácido láctico e 5,0 logUFC.g⁻¹ para leveduras, uma vez que, podem surgir efeitos negativos sobre as propriedades sensoriais, sendo caracterizado pela produção de gás, como também o desenvolvimento de sabores estranhos e a formação visível de colônias. Estes valores corresponderam às mudanças nas propriedades sensoriais e medidas de produção de metabólitos.

Considerando uma contagem média inicial para as bactérias aeróbias analisadas no presente estudo de 3,33 logUFC.g⁻¹ obteve-se uma contagem total de microrganismos nos produtos mantidos em ar, respectivamente de 6,63 e 7,21 decorridos 10 e 14 dias de armazenamento. Já, para as misturas de gases com 60 a 50 kPa O₂ + 30 kPa CO₂ esta contagem foi de 4,56 e 5,34 logUFCg⁻¹. Independente do critério de contagem microbiológica que se adote para a qualidade do produto, os produtos sob atmosferas de misturas de gases com altos teores de O₂ e CO₂ estariam dentro das condições de qualidade exigidas.

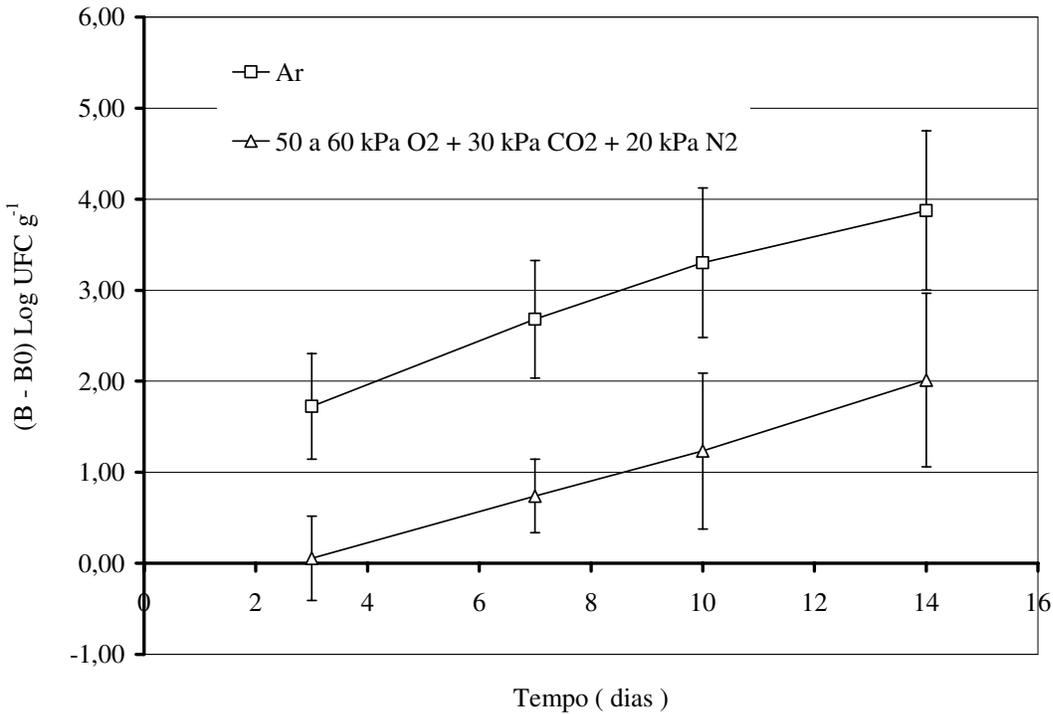


Figura 36- Curvas da cinética da diferença logarítmica de crescimento entre o valor médio obtidos nos dias 3, 7, 10 e 14 para com o valor médio inicial $(B - B_0) \text{ logUFC.g}^{-1}$, de bactérias mesófilas e psicrotróficas em vagens e cenouras PM, submetidas a oito misturas de gases e armazenadas a 5°C e 11°C, respectivamente.

3.4.4 Conclusões

Os altos teores de oxigênio e gás carbônico não aumentaram a perda de AA em vagens. Em cenouras ocorreu uma menor perda em misturas com pressões parciais de 50 a 70kPa O_2 + 15 a 30kPa CO_2 considerando-se o 14º dia de armazenamento.

As misturas com altos teores de O_2 associados a CO_2 inibiram as reações enzimáticas de escurecimento na face de corte das vagens, mantendo a coloração verde sem alteração, durante o período de armazenamento de 14 dias.

As misturas de gases com 50 e 60kPa O_2 + 30kPa CO_2 + balanço N_2 causaram uma menor perda de sólidos solúveis totais em cenouras em consequência da inibição da taxa de

respiração. Nas vagens houve diferenças estatísticas entre os tratamentos em relação ao ar, porém, a diminuição de SST ocorreu em menor proporção.

As misturas de gases com 50 e 60kPa O₂ + 30kPa CO₂ + balanço N₂ causaram um aumento do pH nas vagens e cenouras, assim como, tiveram um maior efeito no atraso do crescimento das bactérias mesófilas e psicrotróficas.

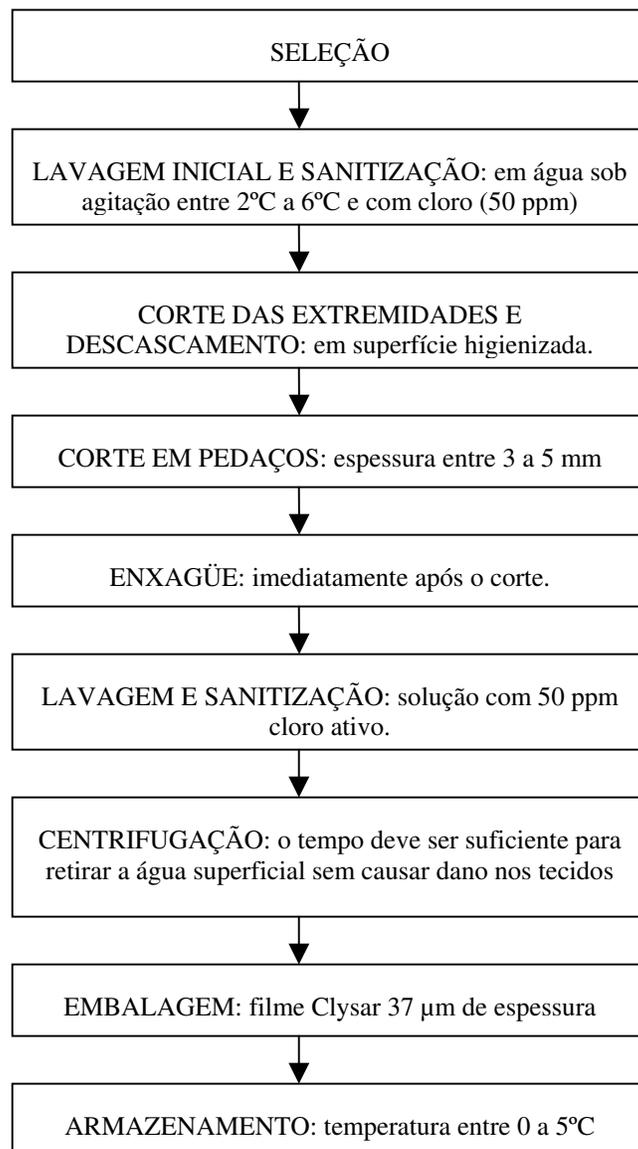
A diferença de temperatura de armazenamento de 5°C das vagens e de 11°C nas cenouras não interferiram na cinética de crescimento das bactérias aeróbias quando submetidas a atmosferas controladas de 50 e 60kPa O₂ + 30kPa CO₂ + balanço N₂.

O planejamento de misturas, aplicado para avaliação do efeito de misturas de gases sobre a fisiologia e crescimento de microrganismos em cenouras e vagens mostrou ser uma ferramenta útil para a otimização de pressões parciais de gases, que proporcionem maior efeito na manutenção dos vários atributos de qualidade de hortaliças.

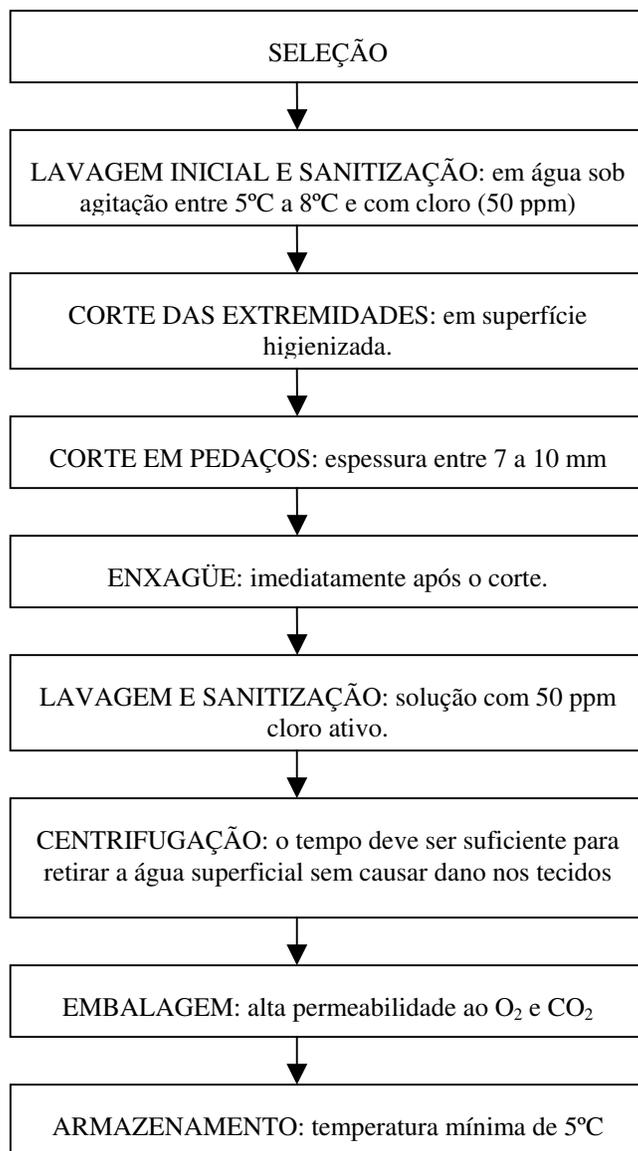
Considerando a qualidade final após o período de 14 dias de armazenamento, as misturas de 50 e 60kPa O₂ + 30kPa CO₂ + balanço N₂ foram mais efetivas na manutenção dos atributos de qualidade do produto final com vistas ao consumidor. Fato comprovado pelas análises físico-químicas e microbiológicas, realizadas e comparadas com a testemunha.

3.5 Considerações Finais

3.5.1 Sugestão de fluxograma para processamento mínimo de cenouras:



3.5.2 Sugestão de fluxograma para processamento mínimo de vagens:



4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- ABDUL-RAOUF, U.M.; BEUCHAT, L.R. and AMMAR, M.S. Survival and growth of *Escherichia coli* O157:H7 on salad vegetables. Applied and Environmental Microbiology. 59(7):1999-2006, 1993.
- AHVENAINEN, R. New approaches in improving the shelf-life of minimally processed fruit and vegetables. Trends in Food Science and Technology. 7(6): 179-187, 1996.
- ALBRECHT, J.A.; SCHAFFER, H.W.; ZOTTOLA, E.A. Relationship of total sulfur to initial and retained ascorbic acid in selected cruciferous and noncruciferous vegetables. Journal Food Science. 55:181-183, 1990.
- ALZAMORA, S.M.; TAPIA, M.S.; LÓPEZ-MALO, A. Overview. In: Minimally processed fruits and vegetables. Fundamentals aspects and applications. Departamento de Ingeniería Química y Alimentos. Universidad de las Américas–Puebla. An Aspen Publication. Aspen Publishers, Inc. Gaithersburg, Maryland. p.1-9, 2000.
- AMANATIDOU, A.; SMID, E.J.; GORRIS, L.G.M. Effect of elevated oxygen and carbon dioxide on the surface growth of vegetable-associated micro-organisms. Journal of Applied Microbiology. 86(3):429-438, 1999.
- AMANATIDOU, A. ; SLUMP, R.A. ; GORRIS, L.G.M. ; SMID, E.J. High oxygen and high carbon dioxide modified atmospheres for shelf-life extension of minimally processed carrots. Food Chemistry and Toxicology. 65(1):61-66, 2000.
- ARTÉS, F.; CASTAÑER, M.; GIL, M.I. Review: Enzymatic browning in minimally processed fruit and vegetables. Food Science and Technology International. 4(6):377-389, 1998.
- AVENA-BUSTILLOS, R.J.; CISNEROS-ZEVALLOS, L.A.; KROCHTA, J.M.; SALTVEIT, M.E. Optimization of edible coating on minimally processed carrots using response surface methodology. ASAE. 36(3):801-805, 1993.
- BARROS-NETO, B. de; SCARMINO, I.S.; BRUNS, R.E. Como fazer experimentos. Campinas, Editora da UNICAMP, 2001.

- BARRY-RYAN, C. & O`BEIRNE, D. Quality and shelf-life of fresh cut carrot slices as affected by slicing method. Journal of Food Science. 63(5):851-856, 1998.
- BARRY-RYAN, C. & O`BEIRNE, D. Ascorbic acid retention in minimally processed iceberg lettuce. Journal of Food Science. p.498-500, 1999.
- BEUADRY, R.M.; CAMERON, A.C.; SHIRAZI, A.; DOSTAL-LANGE, D.L. Modified-atmosphere packaging of blueberry fruit, effect of temperature on package O₂ and CO₂. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117(3):436-441, 1992.
- BEAUDRY, R.M. Effect of O₂ and CO₂ partial pressure on selected phenomena affecting fruit and vegetable quality. Postharvest Biology and Technology. 15:293-303, 1999.
- BEN-YEHOSHUA, S.; PERZELAN, J.; RODOV, V. Control of water condensation and effects of perforation of the plastic film on the spoilage of fresh produce. In: Second International Conference on Fresh-Cut Produce. Gloucestershire, UK. Conference Proceedings. Campden & Chorleywood Food. Research Association Group. 13-14 September, 2001.
- BERG, L.V.D. Water vapor pressure. In: WEICHMANN, J. (Ed.) Postharvest Physiology of Vegetables. Marcel Dekker, Inc, New York and Basel, 1987.
- BETTS, G. Microbiological issues related to fresh produce. In: Second International Conference on Fresh-Cut Produce. Gloucestershire, UK. Conference Proceedings. Campden & Chorleywood Food. Research Association Group. 13-14 September, 2001.
- BEUCHAT, L.R. Pathogenic microorganism associated with fresh produce. Journal Food Protection. 59(2):204-216, 1996.
- BOLIN, H.R.; STAFFORD, A.E.; KING, Jr.A.D.; HUXSOLL, C.C. Factors affecting the storage stability of shredded lettuce. J. Food Sci. 42:1319-1321, 1977.
- BOLIN, H.R. & HUXSOLL, C.C. Control of minimally processed carrot (*Daucus carota*) surface discoloration caused by abrasion peeling. Journal of Food Science. 56(2):416-418, 1991.
- BOYETE, M.D.; SHULTHEIS, J.R.; ESTES, E.A.; WURST, W.C. Postharvest cooling and handling of green beans and field peas. North Carolina Coop. Ext. Service Bulletin. –

- disponível na internet - www.bae.ncsu.edu/programs/extension/publicat/postharv/ag-413-8. 1994.
- BRACKETT, R.E. Microbiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. Journal of Food Quality. 10:195-206, 1987.
- BRACKETT, R.E. Incidence, contributing factors, and control of bacterial pathogens in produce. Postharvest Biology and Technology. 15: 305-311, 1999.
- BRECHT, J.K. Physiology of lightly processed fruits and vegetables. HortScience. 30(1):18-21, 1995.
- BRECHT, J. Physiological basis of fresh-cut fruit and vegetable differences. In: Second International Conference on Fresh-Cut Produce. Gloucestershire, UK. Conference Proceedings. Campden & Chorleywood Food Research Association Group. 13-14 September, 2001.
- BRYDON, C. Active packaging: the CCFRA way. In: Second International Conference on Active and Intelligent Packaging. Gloucestershire, UK. Conference Proceedings. Campden & Chorleywood Food Research Association Group. 12 – 13 September, 2002.
- BUESCHER, R.W. & HENDERSON, J. Reducing discoloration and quality deterioration in snap beans (*Phaseolus vulgaris*) by atmospheres enriched with CO₂. Acta Horticulturae. 62:55-70, 1977.
- BUICK, R.K. & DAMOGLU, A.P. The effect of vacuum packaging on the microbial spoilage and shelf-life of 'ready-to-use' sliced carrots. Journal Sci. Food Agric. 38:167-175, 1987.
- CALBO, A. G. Adaptação de um fluxcentro para estudos de trocas gasosas e um método de aferição de capilares. Pesquisa Agropec. Bras., Brasília. 24(6):733-739, 1989.
- CAMARGO, W.P.F. & MAZZEI, A.R. Mercado de Verduras: planejamento e estratégia na comercialização. Informações Econômicas, SP. 31(3): 45-54, 2001a.
- CAMARGO, L. S. Cenoura (*Daucus carota*). In: Instruções Agrícolas para o Estado de São Paulo, Campinas. Boletim 200. Instituto Agrônomo de Campinas, p. 74-75, 1972.

- CAMARGO, W.P.F. & MAZZEI, A.R. Estacionalidade de alcachofra, cogumelo, milho verde e hortaliças condimentares. Informações Econômicas, SP. 31(3): 63-69, 2001b.
- CAMERON, A. C. ;TALASIL, P. C. ; JOLIS, D.W. Predicting film permeability needs for modified-atmosphere packaging of lightly processed fruits and vegetables. HortScience. 30(1): 25-34, 1995.
- CANTWELL, M.I. SNAP BEANS - Recommendations for Maintaining Postharvest Quality. Postharvest Technology Research and Information Center. Department of Pomology. University of California . – disponível na internet - www.ethylenecontrol.com/technical/uc707.htm. 2000.
- CANTWELL, M.I. & KASMIRE, R. Postharvest Handling Systems: Fruits and Vegetables. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California Agriculture and Natural Resources. 3th Edition, Publication 3311, p.407-421, 2003.
- CANTWELL, M.I.; PEISER, G.; MERCADO-SILVA, E. Induction of chilling injury in jicama (*Pachyrhizus erosus*) roots: changes in texture, color and phenolics. Postharvest Biol. Technol. 25:311-320, 2002.
- CANTWELL, M.I. & SUSLOV, T.V. Postharvest handling systems: fresh-cut fruits and vegetables. In: Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California Agriculture and Natural Resources. 3th Edition, Publication 3311, 445-463, 2003.
- CARLIN, F. ; NGUYEN-THE,C. ; HILBERT, G. ; CHAMBROY, Y. Modified atmosphere packaging of fresh, “ready-to-use” grated carrots in polymeric films. Journal of Food Science. 55 (4):1033-1038, 1990a.
- CARLIN, F.; NGUYEN-THE, C.; CHAMBROY, Y. AND REICH, M. Effects of controlled atmospheres on microbial spoilage, electrolyte leakage and sugar content of fresh ‘ready-to-use’ grated carrots. Int. J. Food Sci. Technol. 25:110-119, 1990b.
- CARVALHO, C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R. M. Análises químicas de alimentos: Manual Técnico. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos. p.82-83, 1990.
- CEAGEP. Horti – Fruti & Qualidade. 2004. – disponível na Internet - <http://www.ceagepe.com.br/hortifruti/ncen.php>.

- CHERVIN, C. & BOISSEAU, P. Quality maintenance of “ready-to-eat “shredded carrots by gamma –irradiation. Journal of Food Science. 59(2):359-361, 401, 1994.
- CISNEROS-ZEVALLOS, L.; SALTVEIT, M.E.; KROCHTA, J. M. Mechanism of surface white discoloration of peeled (minimally processed) carrots during storage. Journal of Food Science. 60(2):320-323, 333, 1995.
- CLARKE, R. Intelligent packaging for safeguarding product quality. In: Second International Conference on Active and Intelligent Packaging. Gloucestershire, UK. Conference Proceedings. Campden & Chorleywood Food Research Association Group. 12 –13 September, 2002.
- CLAYPOOL, L.L. & KEEFER, R.M. A colorimetric method for CO₂ determination in respiration studies. J. Amer. Soc. Hort. Sci.. 40:177-186, 1942.
- COLLINS, R.J. & TISDELL, J.S. The influence of storage time and temperature on chilling injury in Fuyu and Suruga persimmon (*Diospyros kaki* L.) grown in subtropical Australia. Postharvest Biol. Technol. 6:149-157, 1995.
- COSTA-SILVA, V.L. & MENDONÇA, A.L.S. A transição nutricional e suas conseqüências na formulação de ações de prevenção de câncer. – disponível na Internet - www.cip.saude.sp.gov.br/Revistac2.htm#Novas.
- CVS 06/99. Portaria nº 2 de 2 de Janeiro de 2001. Estabelece critérios e padrões microbiológicos para alimentos. Diário Oficial. Brasília, DF, 10 de janeiro de 2001.
- DAY, B.P.F. Novel MAP- a brand new approach. Food Manufacture. 73(1): 22-24, 1998.
- DAY, B.P.F. Fresh prepared produce: GMP for high oxygen MAP and non-sulphite dipping. Campden & Chorleywood Food Research Association Group. Guideline nº 31. 2001.
- DAZA M.S.T. de; ALZAMORA, S.M.; CHANES, J.W. Combination of preservation factors applied to minimal processing of foods. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 36(6):629-659, 1996.
- DeELL, J. R.; VIGNEAULT, C.; LEMERRE, S. Water temperature for hydrocooling field cucumbers in relation to chilling injury during storage. Postharvest Biol. Technol. 18:27-32, 2000.

- DENNIS, C. Fungi. In: WEICHMANN, J. (Ed.) Postharvest Physiology of Vegetables. Marcel Dekker, Inc, New York and Basel. 1987.
- DEVLIEGHIERE, F.; DEBEVERE, J. and VAN IMPE, J. Concentration of carbon dioxide in the water-phase as a parameter to model the effect of a modified atmosphere on micro-organisms. International Journal of Food Microbiology. 43:105-113, 1998.
- DUNCAN, E. Non-sulphite dips for fresh prepared produce. In: Proceedings of the International Conference on “ Fresh-cut Produce”. Gloucestershire, UK. Conference Proceedings. Campden & Chorleywood Food Research Association. 1999.
- EXAMA, A.; ARUL, J.; LENCKI, R.W.; LEE, L.Z.; TOUPIN, C. Suitability of plastic films for modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Journal of Food Science. 58(1): 365-1370, 1993.
- FAN, X.; TOIVONEM, P.M.A.; RAJKOWSKI, K.T. and SOKORAI, K.J.B. Warm water treatment in combination with modified atmosphere packaging reduces undesirable effects of irradiation on the quality of fresh-cut iceberg lettuce. J. of Agric. and Food Chem. 51:1231-1236, 2003.
- FARBER, J. Microbiological issues surrounding the safety of fresh cut produce. 10th World Congress of Food Science and Technology. Abstract Book. Sydney, Australia, p.11, 1999.
- FONSECA, S.C.; OLIVEIRA, F.A.R.; BRECHT, J.K. Modelling respiration rate of fresh vegetables for modified atmosphere packages: a review. Journal of Food Engineering. 52: 99-119, 2002.
- FRUTIFATOS. Praticidade impulsiona venda de pré-processados. 2(2): 42-47, junho, 2002.
- GLOBO RURAL. Novas técnicas-cenoura. – disponível na Internet - http://globorural.globo.com/edic172/nova_tec1. 2005.
- GUNES, G. & LEE, C.Y. Color of minimally processed potatoes as affected by modified atmosphere packaging and antibrowning agents. Journal of Food Science. 62(3):572-575, 582, 1997.

- GUNES, G.; WATKINS, C.B. and HOTCHKISS, J.H. Physiological responses of fresh-cut apple slices under high CO₂ and low O₂ partial pressures. Postharvest Biology and Technology. 22:197-204, 2001.
- HARRIS, L.J.; ZAGORY, D.; GORNY, J.R. Safety factors. . IN: Kader, A.A.(Tech. Ed.), Postharvest Technology of Horticultural Crops. University of California Agriculture and Natural Resources. 3th Edition, Publication 3311. p. 301-314, 2003.
- HEIMDAL, H.; KÜHN, B.F.; POLL, L. and LARSEN, L.M. Biochemical changes and sensory quality of shredded and MA-packaged iceberg lettuce. Journal of Food Science, 60(6):1265-1268,1276, 1995.
- HERNER, R.C. High CO₂ effects on plant organs. Postharvest Physiology of Vegetables. Ed. by J. Weichmann. Marcel Dekker, Inc. p.239-253, 1987.
- HONG, G.; PEISER, G.; CANTWELL, M.I. Use of controlled atmospheres and heat treatment to maintain quality of intact and minimally processed green onions. Postharvest Biology and Technology. 20: 53-61, 2000.
- HOWARD, L.R. & DEWI, T. Sensory, microbiological and chemical quality of mini-peeled carrots as affected by edible coating treatment. Journal of Food Science, 60(1): 142-144, 1995.
- HOWARD, L.R. & GRIFFIN, L.E. Lignin formation and surface discoloration of minimally processed carrot sticks. Journal of Food Science, 58(5): 1065-1067, 1993.
- HOWARD, L.R.; GRIFFIN, L.E.; LEE, Y. Steam treatment of minimally processed carrots sticks to control surface discoloration. Journal of Food Science, 59(2): 356-358, 1994.
- HURST, W.C. Sanitation of lightly processed fruits and vegetables. Hortscience. 30(1):22-24, 1995.
- HUXSOLL, C.C. & BOLIN, H. R. Processing and distribution alternatives for minimally processed fruits and vegetables. Food Technology. p.124-128, 1989.
- IZUMI, H. & WATADA, A.E. Calcium treatments affect storage quality of shredded carrots. Journal Food Science. 59(1):106-109, 1994.

- IZUMI, H. ; WATADA, A.E. ; KO, N. P. ; DOUGLAS, W. Controlled atmosphere storage of carrots slices, sticks and shreds. Postharvest Biology and Technology. 9:165-172, 1996.
- JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; STEEN, C. V. D.; DEBEVERE, J. Effect of high oxygen modified atmosphere packaging on microbial growth and sensorial qualities of fresh-cut produce. International Journal of Food Microbiology. 71:197-210, 2001.
- JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; RAGAERT, P.; VANNESTE, E.; DEBEVERE, J. Relation between microbiological quality, metabolite production and sensory quality of equilibrium modified atmosphere packaged fresh-cut produce. International Journal of Food Microbiology. 83: 263-280, 2003.
- KADER, A.A. Biochemical and physiological basis for effects of controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. Food Technology. p.99-104, 1986.
- KADER, A.A. Respiration and gas exchange of vegetables. In: WEICHMANN, J. (Ed.) Postharvest Physiology of Vegetables. Marcel Dekker, Inc, New York and Basel, 1987.
- KADER, A.A.; ZAGORY, D.; KERBEL, E.L. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 28(1):1-30, 1989.
- KADER, A.A. & BEN-YEHOSHUA, S. Effects of super atmospheric oxygen levels on postharvest physiology and quality of fresh fruits and vegetables. Postharvest Biology and Technology. 20:1-13, 2000.
- KAKIOMENOU, K.; TASSOU, C.; NYCHAS, G. Microbiological physicochemical and organoleptic changes of shredded carrots stored under modified storage. Int. J. of Food Science and Technology. 31,359-366, 1996.
- KANG, J.S. & LEE, D.S. Susceptibility of minimally processed green pepper and cucumber to chilling injury as observed by apparent respiration rate. International J. F. Sci. Technol. 32:421-426, 1997.
- KATO-NOGUSHI, H. & WATADA, A.E. Regulation of glycolytic metabolism in fresh-cut carrots under low oxygen atmosphere. J. Amer. Soc. Hort. Science. 12(1):123-126, 1996.

- KATO-NOGUSHI, H. & WATADA, A. E. Citric acid reduces the respiration of fresh-cut carrots. HortScience. 32(1):136, 1997.
- KAYS, J.S. Metabolic processes in harvested products. In: Van Nostrand Reinhold (Ed.), Postharvest Physiology of Perishable Plant Products, N.Y. p.75-141, 1991.
- KENNEDY, D. Raw material quality factors: how they affect final fresh-cut produce quality. In: Second International Conference on Fresh-Cut Produce. Gloucestershire, UK. Conference Proceedings. Campden & Chorleywood Food Research Association Group. 13 – 14 September, 2001.
- KIM, B.S. & KLIEBER, A. Quality maintenance of minimally processed Chinese cabbage with low temperature and citric acid dip. J. Science Food Agric. 75:31-36, 1997.
- KING, A.D. & BOLIN, H.R. Physiological and microbiological storage stability of minimally processed fruits and vegetables. Food Technology. p.132-135, 1989.
- LAFUENTE, Ma. T.; LÓPEZ-GALVEZ, G.; CANTWELL, M.; YANG, S. Fa. Factors influencing ethylene –induced isocoumarin formation and increased respiration in carrots. J. Amer. Hort. Science. 12(3):537-542, 1996.
- LAKAKUL, R.; BEAUDRY, R.M. and HERNANDEZ, R.J. Modeling respiration of apple slices in modified-atmosphere packages. Journal of Food Science. 64(1):105-110, 1999.
- LAURILA, E.; KERVINEN, R.; AHVENAINEN, R. The inhibition of enzymatic browning in minimally processed vegetables and fruits. Postharvest News Information. 9(4):53-66, 1998.
- LEE, K. S.; PARK, I. S.; LEE, D.S. Modified atmosphere packaging of a mixed prepared vegetable salad dish. Int. Journal of Food Science and Technology. 31:7-13, 1996.
- LEE, K. S. & KADER, A. A. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. Postharvest Biology and Technology, 20:207-220, 2000.
- LEISTNER, L. Basic aspects of food preservation by hurdle technology. International J. of Food Microbiology. 55:181- 186, 2000.
- LI, P. & BARTH, M.M. Impact of edible coatings on nutritional and physiological changes in lightly-processed carrots. Postharvest Biology and Technology. 14:51-60, 1998.

- LIEW, L. C. & PRANGE, R.K. Effect of Ozone and Storage Temperature on Postharvest Diseases and Physiology of Carrots (*Daucus carota* L.). J. Amer. Soc. Hort. Science. 119(3):563-567, 1994.
- LU, C. & TOIVONEN, P.M.A. Effect of 1 and 100 kPaO₂ atmospheric pretreatments of whole `Spartan` apples on subsequent quality and shelf life of slices stored in modified atmospheres packages. Postharvest Biology and Technology. 18: 99-107, 2000.
- MAKOTO. Agropecuária Sekita, um detalhe que faz a diferença. Revista Campo & Negócios- disponível na internet - <http://revistacampoenegocios.com.br/makoto.php>. 2005.
- MATHOOCO, F.M. Regulation of respiratory metabolism in fruits and vegetables by carbon dioxide. Postharvest Biology and Technology. 9:247-264, 1996.
- MENCARELLI, F. Effect of high CO₂ atmospheres on stored Zucchini Squash. J. Amer.Hort. Sci. 112(6):985-988, 1987.
- MERCADO-SILVA, E.; GARCIA, R.; HEREDIA-ZEPETA, A.; CANTWELL, M. Development of chilling injury in five jicama cultivars. Postharvest Biol. Technol. 13:37-43, 1998.
- MONTGOMERY, D. C. Design and analysis of experiments. Second Ed., New York: Editora John Wiley & Sons, p.445-474. 1984.
- NICOLI, M.C.; ANESE, M.; SEVERINI, C. Combined effects in preventing enzymatic browning reactions in minimally processed fruit. Journal of Food Quality. 17:221-229, 1994.
- NGUYEN-THE, C.; CARLIN, F. The microbiology of minimally processed fresh fruits and vegetables. Crit. Rev. Food Sci. Nutr. 34(4):371-401, 1994.
- O`BEIRNE, D. Advances in sulphite-replacement technologies for fresh-cut produce. In: Second International Conference on Fresh-Cut Produce. Gloucestershire, UK. Conference Proceedings. Campden & Chorleywood Food. 13-14 September, 2001.

- O'CONNOR-SHAW, R.E.; ROBERTS, R.; FORD, A.L.; NOTIINGHAN, S.M. Shelf life of minimally processed honeydew, kiwifruit, papaya, pineapple and cantaloupe. J. Food Sci. 59:1202-1206, 1994.
- OKAZAKI, M. Fatores que afetam o desenvolvimento microbiano em alimentos. Manual Técnico. ITAL. Campinas, 31p. 2003.
- PARKER, N. Innovative oxygen emitting / carbon dioxide scavenging technology for fresh produce applications. In: Second International Conference on Active and Intelligent Packaging. Gloucestershire, UK. Conference Proceedings. Campden & Chorleywood Food Research Association Group. 12-13 September, 2002.
- PAULL, R. Effect of temperature and relative humidity on fresh commodity quality. Postharvest Biol. Technol. 15:263-277, 1999.
- PIN, C.; BARANYI, J. and FERNANDO, G.G. Predictive model for growth of *Yersinia Enterocolitica* under modified atmospheres. Journal of Applied Microbiology. 88:521-530, 2000.
- PINEDO, A.A. Secagem a vácuo de cenoura (*Daucus carota*) e abóbora (*Cucurbita máxima*): estudo das características do processo. Departamento de Engenharia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos – UNICAMP. 2003, p. 173 (Tese de Doutorado).
- POSPIŠIL, J.; CIROVIĆ, N.; DRAGOVIĆ-UZELAC, V.; LUKIN, V.; BRUSIĆ, D. The quality of sliced carrots affected by modified polyethylene foil and storage temperatures. Acta Alimentaria. 30(3):233-246, 2001.
- REYES, V.G. Improved preservation systems for minimally processed vegetables. Food Australia. 48(2):87-90, 1996.
- ROLLE, R.S. & CHISM III, G.W. Physiological consequences of minimally processed fruits and vegetables. J. Food Quality. 10:157-177, 1987.
- SALA, J.M. Involvement of oxidative stress in chilling injury in cold-stored mandarin fruits. Postharvest Biol. Technol. 13:255-261, 1998.

- SALTVEIT, M.E. The rate of ion leakage from chilling-sensitive tissue does not immediately increase upon exposure to chilling temperatures. Postharvest Biology and Technology. 26:295-304, 2002.
- SAPERS, G.M. Browning of foods: control by sulfites, oxidants and other means. Food Technology. 47(10):75-84, 1993.
- SAPERS, G. M. & SIMMONS, G. F. Hydrogen peroxide disinfection of minimally processed fruits and vegetables. Food Technology. 52(2):48-52, 1998.
- SCULLY, A. Active and intelligent packaging research in Australia. In: Second International Conference on Active and Intelligent Packaging. Gloucestershire, UK. Conference Proceedings. Campden & Chorleywood Food Research Association Group. 12-13 September, 2002.
- SERAFINI, M. The effects of minimal processing operations on the nutritional components of fresh-cut produce. In: Second International Conference on Fresh-Cut Produce. Gloucestershire, UK. Conference Proceedings. Campden & Chorleywood Food Research Association Group. 13-14 September. 2001.
- SIRIPHANICH, J. & KADER, A.A. Changes in cytoplasm and vacuolar pH in harvested lettuce tissue as influenced by CO₂. J. Amer. Hort. Sci. 111(1):73-77, 1986.
- SHEWFELT, R.L. Postharvest treatment for extending shelf life of fruits and vegetables. Food Technology. 70- 80, 1986.
- SIGRIST, J.M.M. Respiração. In: Tecnologia Pós-Colheita de Frutas Tropicais. Campinas, ITAL. Manual Técnico, p.21- 27, 1988.
- SILVA, M. F.; CHAU, K. V.; BRECHT, K. J.; SARGENT, S. A. Modified atmosphere packaging for mixed loads of horticultural commodities exposed to two postharvest temperatures. Postharvest Biology and Technology. 17:1-9, 1999.
- SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos. (Ed.) Livraria Varela, São Paulo, p.21-39, 2001.
- SILVEIRA, N. F. A. Microrganismos indicadores de higiene nos alimentos. Manual Técnico. ITAL. manual Técnico, p.1-13, 2003.

- SIMONS, L. K. & SANGUANSRI, P. Advances in the washing of minimally processed vegetables. Food Australia. 49(2):75-80, 1997.
- SOB. Embrapa busca otimizar sistema de produção de cenoura em Rondônia. Notícias. – disponível na Internet -www.horticiencia.com.br/news/news2.asp?id=1401. 11-11-2004.
- SODE, F. & KÜHN, B.F. Respiration in MA-packed, cut carrots. Journal of Food Engineering. 37:223-232, 1998.
- SON, S.M.; MOON, K.D.; LEE, C.Y. Inhibitory effects of various antibrowning agents on apple slices. Food Chemistry. 73:23-30, 2001.
- SOUCI, S.W.; FACHMANN, W.; KRAUT, H. Food composition and nutrition tables. 6° Ed. Stuttgart: Medpharm Scientific. p.660, 2000.
- SOUZA, R.A.M. Mercado para produtos minimamente processados. Informações Econômicas, SP. 31(3):7-18, 2001.
- STEEN, C.VAN DER; JACXSENS, L.; DEVLIEGHERE, F.; DEBEVERE, J. Combining high oxygen atmospheres with low oxygen modified atmospheres packaging to improve the keeping quality of strawberries and raspberries. Postharvest Biology and Technology. 26:49-58, 2002.
- TELES, C.S. Avaliação física, química e sensorial de couve (*Brassica oleracea*, L. var. *acephala*) minimamente processada, armazenada sob atmosfera modificada. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 2001. (Tese de Mestrado).
- TESSARIOLI NETO, J.; GROPPA, G.A. A cultura do feijão-vagem. Boletim Técnico da Coordenadoria de Assistência Técnica Integral. Campinas: CATI, n. 212. 12p, 1992.
- TIAN, S.; XU, Y.; JIANG, A.; GONG, Q. Physiological and quality responses of longan fruit to high O₂ or high CO₂ atmospheres in storage. Postharvest Biology and Technology. 24:335-340, 2002.
- THOMAS, P. & JOSHI, M.R. Reduction of chilling injury in ripe Alphonso mango fruit in cold storage by temperature conditioning. International of Food Science and Technology. 23:447-455, 1988.

- TOIVONEN, P.M.A.; UPADHYAYA, M.K. e GAYE, M.M. Low temperature preconditioning to improve shelf life of fresh market carrots. Acta Horticulturae. 343: 339-344, 1993.
- TRAIL, M.A.; WAHEM, I.A.; BIZRI, J.N. Snap bean quality minimally when stored in low density polyolefin film package. Journal of Food Science. 57(4):977-979, 1992.
- U.S.FOOD and DRUG ADMINISTRATION. Microbiological safety of controlled and modified atmosphere packaging of fresh and fresh-cut produce. Center for Food safety and Applied Nutrition. Chapter VI. –disponível na internet - <http://www.cfsan.fda.gov/~comm/ift3-6.html>. 1987.
- VANETTI, Controle microbiológico e higiene no processamento mínimo. II Encontro Nacional sobre Processamento Mínimo de Frutas e Hortaliças. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 8 a 10 novembro, 44-52, 2000.
- VAROQUAUX, P. Unit operations for fresh-cut produce. Second International Conference on Fresh-Cut Produce. Gloucestershire, UK. Conference Proceedings. 13-14 September. 2001.
- VIEIRA, L.F. Agricultura e Agroindústria Familiar. EMBRAPA/ CTAA, 1997.
- WANG, C.Yi. Effect of preharvest factors on postharvest quality: introduction to the colloquium. HortScience. 32(5):807, 1997.
- WATADA, A. E.& MORRIS, L. L.. Effect of chilling and non-chilling temperatures on snap bean fruits. American Society for Horticultural Science. 89:368-374, 1966a.
- WATADA, A. E.& MORRIS, L. L. Postharvest behavior of snap bean cultivars. American Society for Horticultural Science. 89:368-374, 1966b.
- WATADA, A.E.; KO, N.P.; MINOTT, D.A. Factors affecting quality of fresh cut horticultural products. Postharvest Biology and Technology. 9:115-125, 1996.
- ZAGORY, D. Effects of post-processing handling and packaging on microbial populations. Postharvest Biology and Technology. 15:313-321, 1999.

5. ANEXOS

Tabela 30a- Valores médios*da taxa de respiração em $\text{mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ para cenouras inteiras e processadas minimamente, armazenadas a 1°C , 5°C e 11°C (90%UR).

Produto		Taxa de Respiração de Cenouras Inteiras e Processadas Minimamente								
		Dias de Armazenamento								
		1	2	4	6	8	10	12	14	18
1,0°C	Inteira	7,90 ± 0,41	6,13 ± 1,01	8,97 ± 1,26	7,13 ± 1,30	6,42 ± 0,30	5,82 ± 0,28	5,48 ± 0,33	5,89 ± 0,50	4,81 ± 0,24
1,0°C	PM	11,69 ± 0,68	12,62 ± 0,77	16,15 ± 0,72	15,62 ± 0,64	11,32 ± 0,72	9,91 ± 0,18	9,31 ± 0,28	8,94 ± 0,25	8,56 ± 0,50
5,0°C	Inteira	13,33 ± 0,82	13,10 ± 1,16	9,03 ± 0,57	8,75 ± 0,69	6,43 ± 0,34	7,43 ± 0,51	8,32 ± 0,75	8,29 ± 1,17	9,29 ± 0,87
5,0°C	PM	25,23 ± 1,51	31,38 ± 2,36	20,86 ± 1,49	17,62 ± 1,19	15,99 ± 0,95	15,74 ± 0,96	15,88 ± 1,06	14,26 ± 0,61	13,23 ± 1,27
11,0°C	Inteira	22,01 ± 1,89	18,75 ± 1,29	17,35 ± 1,24	16,02 ± 1,04	14,30 ± 1,09	12,42 ± 0,77	12,22 ± 1,91	11,17 ± 1,82	15,08 ± 2,41
11,0°C	PM	73,85 ± 6,70	51,27 ± 1,65	40,32 ± 1,37	38,99 ± 5,52	30,36 ± 0,32	26,65 ± 1,58	28,64 ± 1,22	24,09 ± 1,29	27,63 ± 1,63

*Média de 4 repetições.

Tabela 31a- Valores médios* da taxa de respiração $\text{mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ para vagens inteiras e processadas minimamente, armazenadas a 1°C , 5°C e 11°C (90%UR).

Produto		Taxa de Respiração de Vagens Inteiras e Processadas Minimamente									
		Dias									
		1	2	3	5	7	9	11	13	14	18
1,0°C	Inteira	7,47 ± 1,46	7,76 ± 1,06	7,67 ± 0,92	9,49 ± 1,36	9,18 ± 1,19	8,36 ± 1,48	8,60 ± 1,78	7,63 ± 1,33	6,61 ± 1,12	7,17 ± 0,83
1,0°C	PM	8,79 ± 1,06	8,38 ± 0,32	7,47 ± 0,46	9,43 ± 2,87	8,58 ± 1,14	8,13 ± 0,80	7,94 ± 0,55	7,35 ± 0,43	6,67 ± 0,26	6,90 ± 0,49
5,0°C	Inteira	17,10 ± 2,27	17,97 ± 2,65	15,21 ± 2,23	15,66 ± 1,96	16,30 ± 1,54	15,70 ± 1,82	16,69 ± 2,02	18,73 ± 2,27	18,30 ± 2,78	34,00 ± 4,04
5,0°C	PM	19,89 ± 0,34	18,51 ± 0,78	16,34 ± 0,78	17,18 ± 0,97	18,11 ± 0,99	18,62 ± 0,65	20,46 ± 1,46	24,43 ± 1,81	25,12 ± 1,34	40,28 ± 2,42
11,0°C	Inteira	45,12 ± 5,09	38,80 ± 4,13	39,04 ± 4,13	37,20 ± 3,33	29,87 ± 2,21	26,96 ± 1,57	27,90 ± 3,03	23,94 ± 3,71	28,67 ± 4,65	25,65 ± 2,35
11,0°C	PM	54,72 ± 3,88	45,90 ± 1,41	43,39 ± 2,40	39,58 ± 2,72	38,42 ± 3,89	33,83 ± 3,49	35,40 ± 2,16	31,08 ± 4,51	33,6 ± 5,23	33,96 ± 3,33

*Média de 4 repetições.

Tabela 32a-Taxa de respiração $\text{mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ a 25°C para vagens processadas minimamente, após armazenamento a 1°C (90%UR) durante 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias.

Taxa de Respiração de Vagens Processadas Minimamente a 25°C						
Dias de Armazenamento a 25°C	Período de Armazenamento a 1°C					
	2	4	6	8	10	12
1	311,96 ± 17,94	334,94 ± 7,28	366,26 ± 18,15	351,35 ± 23,12	457,12 ± 18,52	557,96 ± 61,79
2	280,14 ± 19,88	313,72 ± 7,01	457,28 ± 94,57	569,46 ± 108,27	709,31 ± 48,67	774,41 ± 76,72
3	303,35 ± 33,59	312,33 ± 11,86	450,55 ± 95,26	765,28 ± 150,34	805,94 ± 66,28	874,56 ± 49,29
4	365,97 ± 42,45	308,78 ± 12,44	563,27 ± 109,98	596,26 ± 10,85	516,52 ± 17,21	1186,74 ± 99,06
5	363,89 ± 28,71	322,77 ± 19,11	475,37 ± 14,25			
6	367,76 ± 59,65	419,53 ± 15,61	399,14 ± 55,56			
7		394,26 ± 3,21				

Tabela 33a-Taxa de respiração $\text{mgCO}_2\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ a 25°C para vagens processadas minimamente, após armazenamento a 5°C (90%UR) durante 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias.

Taxa de Respiração de Vagens Processadas Minimamente a 25°C						
Dias de Armazenamento a 25°C	Período de Armazenamento a 5°C					
	2	4	6	8	10	12
1	317,54 ± 10,30	339,99 ± 7,66	381,18 ± 13,39	347,49 ± 9,75	392,93 ± 7,35	467,32 ± 25,02
2	323,92 ± 8,34	359,34 ± 17,24	332,44 ± 9,47	387,28 ± 12,45	452,83 ± 77,61	448,43 ± 86,74
3	375,47 ± 29,22	377,55 ± 37,58	339,83 ± 9,94	456,28 ± 34,14	444,49 ± 108,92	444,48 ± 6,58
4	438,02 ± 39,57	369,75 ± 36,70	315,24 ± 12,84	417,04 ± 24,00	417,49 ± 33,18	579,31 ± 25,12
5	385,54 ± 23,21	384,81 ± 27,01	341,66 ± 12,54	393,56 ± 35,62	361,44 ± 14,63	
6	334,83 ± 6,66	359,34 ± 2,76	372,97 ± 91,73			
7		312,45 ± 8,74				

Tabela 34a-Valores da taxa de respiração em $\text{mgCO}_2 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ a 25°C para vagens processadas minimamente, após armazenamento a 11°C (90%UR) durante 2, 4, 6, 8, 10 e 12 dias.

Taxa de Respiração de Vagens Processadas Minimamente a 25°C						
Dias de Armazenamento a 25°C	Período de Armazenamento a 11°C					
	2	4	6	8	10	12
1	$295,77 \pm 9,61$	$305,92 \pm 17,59$	$321,28 \pm 18,77$	$356,00 \pm 33,31$	$524,92 \pm 106,33$	$437,61 \pm 66,68$
2	$316,12 \pm 37,54$	$301,08 \pm 22,25$	$318,87 \pm 8,95$	$403,61 \pm 68,27$	$464,84 \pm 49,44$	$456,63 \pm 29,04$
3	$376,85 \pm 56,04$	$289,02 \pm 27,07$	$321,61 \pm 1,90$	$462,42 \pm 7,57$	$434,82 \pm 16,32$	$462,83 \pm 27,60$
4	$378,03 \pm 47,19$	$325,18 \pm 31,31$	$328,78 \pm 10,16$	$403,55 \pm 77,90$	$417,49 \pm 33,18$	$621,16 \pm 60,51$
5	$413,73 \pm 79,69$	$367,64 \pm 36,09$	$397,02 \pm 78,96$			
6	$342,19 \pm 10,09$	$392,81 \pm 44,39$	$364,01 \pm 29,28$			
7		$319,25 \pm 17,40$				

Tabela 35a- Taxa de respiração $\text{mgCO}_2\text{kg}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ para vagens processadas minimamente, colhidas no inverno/agosto e armazenadas a 1°C, 5°C e 11°C (90%UR).

Dias de Armazenamento	Taxa de Respiração (mg CO ₂ / kg.h)			
	Temperatura de Armazenamento			
	1°C	5°C	11°C	25°C
1	18,18 ± 2,73	34,10 ± 2,89	66,44 ± 3,01	289,06 ± 8,98
2	19,00 ± 2,80	35,61 ± 2,44	58,55 ± 2,39	288,95 ± 5,88
4	19,61 ± 2,12	34,33 ± 2,23	56,25 ± 2,25	257,55 ± 6,18
5				265,84 ± 7,36
6	19,49 ± 3,21	35,55 ± 3,01	64,61 ± 2,89	281,31 ± 8,53
7				336,39 ± 14,09
8	20,58 ± 3,22	39,87 ± 2,95	79,72 ± 2,89	314,89 ± 12,78
10	20,66 ± 2,95	45,55 ± 2,90	81,10 ± 2,80	
12	17,04 ± 2,48	57,90 ± 2,76	76,67 ± 2,08	

Tabela 36a- Índice de esbranquiçamento para cenouras processadas minimamente e mantidas sob diferentes embalagens e temperaturas: 1°C, Clysar AFG; 1°C, PEBD 25µm; 5°C, Clysar AFG; 5°C, PEBD 25µm; 11°C, Clysar AFG; 11°C, PEBD 25µm.

Embalagem	Medidas do Índice de Cor (W I) em Cenouras MP em Fatias				
	Dias de Armazenamento				
	0	3	5	7	14
1°C - Clysar AFG	40,68	44,99 ± 1,85a	46,02 ± 2,46ab	45,23 ± 1,08a	47,60 ± 0,77a
1°C - PEBD		43,22 ± 1,55a	43,78 ± 1,26 a	46,06 ± 1,58a	48,07 ± 0,84a
5°C - Clysar AFG		46,73 ± 1,35a	46,49 ± 0,13ab	47,70 ± 1,44a	48,54 ± 1,53a
5°C - PEBD		45,74 ± 1,79a	48,39 ± 1,00 a	47,70 ± 1,39a	48,15 ± 0,92a
11°C - Clysar AFG		47,06 ± 1,98a	48,60 ± 1,69a	48,88 ± 1,92a	48,08 ± 0,19 a
11°C - PEBD		45,78 ± 1,57 a	47,19 ± 1,00a	45,58 ± 0,65a	49,05 ± 0,80 a
C. V.		3,72	3,09	2,99	1,92
D.M.S.		4,65	3,99	3,85	2,54

Médias marcadas com letras iguais numa mesma coluna não diferem significativamente entre si pelo Teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

Tabela 37a- Teores médios de O₂ medidos em embalagens de cenouras processadas minimamente e mantidas sob diferentes embalagens e temperaturas: 1°C, Clysar AFG; 1°C, PEBD 25µm; 5°C, Clysar AFG; 5°C, PEBD 25µm; 11°C, Clysar AFG; 11°C, PEBD 25µm.

% Gas O ₂ no Interior de Embalagem Plástica com Cenoura MP					
Embalagem	Dias de Armazenamento				
	3	5	7	10	14
1°C - Clysar AFG	14,74 ± 1,28	14,30 ± 2,23	10,73 ± 0,55	17,36 ± 1,63	12,53 ± 1,27
1°C - PEBD	9,27 ± 0,23	5,31 ± 1,18	4,02 ± 0,54	5,74 ± 0,44	7,89 ± 0,22
5°C - Clysar AFG	6,88 ± 0,70	11,07 ± 2,19	8,85 ± 0,68	11,19 ± 0,79	13,12 ± 1,36
5°C - PEBD	4,02 ± 0,97	3,91 ± 0,27	4,79 ± 0,28	7,15 ± 0,51	9,53 ± 2,39
11°C - Clysar AFG	6,53 ± 0,64	8,21 ± 0,73	12,32 ± 1,93	18,06 ± 0,44	15,96 ± 2,09
11°C - PEBD	2,77 ± 0,11	6,77 ± 1,05	5,55 ± 0,67	9,59 ± 0,88	4,98 ± 0,58

Tabela 38a- Teores médios de CO₂ medidos em embalagens de cenouras processadas minimamente e mantidas sob diferentes embalagens e temperaturas: 1°C, Clysar AFG; 1°C, PEBD 25µm; 5°C, Clysar AFG; 5°C, PEBD 25µm; 11°C, Clysar AFG; 11°C, PEBD 25µm.

% Gas CO ₂ no Interior de Embalagem Plástica com Cenoura MP					
Embalagem	Dias de Armazenamento				
	3	5	7	10	14
1°C - Clysar AFG	2,25 ± 0,17	2,68 ± 0,22	2,48 ± 0,21	1,40 ± 0,18	1,38 ± 0,33
1°C - PEBD	5,28 ± 0,13	6,75 ± 0,39	5,73 ± 0,17	3,78 ± 0,10	3,03 ± 0,25
5°C - Clysar AFG	4,85 ± 0,13	3,28 ± 0,17	2,95 ± 0,21	2,15 ± 0,24	1,58 ± 0,17
5°C - PEBD	7,93 ± 0,38	5,80 ± 0,40	4,68 ± 0,26	3,38 ± 0,26	2,48 ± 0,17
11°C - Clysar AFG	4,70 ± 0,29	3,75 ± 0,24	2,78 ± 0,28	1,93 ± 0,28	1,85 ± 0,25
11°C - PEBD	6,50 ± 0,18	5,65 ± 0,30	4,75 ± 0,13	4,43 ± 0,38	4,88 ± 0,39

Tabela 39a- Valores de ácido ascórbico após o processamento mínimo de vagens, considerando as diferentes colheitas e atmosferas de armazenamento a 5°C (90%UR).

VITAMINA C (mg ácido ascórbico/ 100 g produto)					
Experimentos	Misturas de Gases	Medidas			Média
		1	2	3	
1º	90kPa O2 + 10kPa N2				
	80kPa O2+ 20kPa N2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2	15,08	15,94	15,39	15,47
	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2				
2º	60kPa O2+30kPa CO2+10kPa N2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2				
	85kPa O2+15kPa CO2	20,76	19,17	21,76	20,56
	100 kPa Ar				
3º	65kPa O2+15kPa CO2+20kPa N2				
	70kPa O2+30kPa CO2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2	11,89	13,97	13,07	12,98
	Ar				
4º	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2	11,50	10,63	11,69	11,27
	Ar				

Tabela 40a- Valores de acidez titulável após o processamento mínimo de vagens, considerando as diferentes colheitas e atmosferas de armazenamento a 5°C (90%UR).

ACIDEZ TITULÁVEL (g ácido málico/ 100g produto)					
Experimentos	Misturas de Gases	Medidas			Média
		1	2	3	
1º	90kPa O2 + 10kPa N2				
	80kPa O2+ 20kPa N2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2	0,254	0,262	0,259	0,258
	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2				
2º	60kPa O2+30kPa CO2+10kPa N2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2				
	85kPa O2+15kPa CO2	0,227	0,226	0,230	0,228
	100 kPa Ar				
3º	65kPa O2+15kPa CO2+20kPa N2				
	70kPa O2+30kPa CO2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2	0,335	0,330	0,339	0,335
	Ar				
4º	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2	0,299	0,299	0,291	0,296
	Ar				

Tabela 41a- Valores de pH após o processamento mínimo de vagens, considerando as diferentes colheitas e atmosferas de armazenamento a 5°C (90%UR).

		pH			
Experimentos	Misturas de Gases	Medidas			Média
		1	2	3	
1º	90kPa O2 + 10kPa N2				
	80kPa O2+ 20kPa N2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2	6,1	6,1	6,1	6,1
	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2				
2º	60kPa O2+30kPa CO2+10kPa N2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2				
	85kPa O2+15kPa CO2	6,06	6,04	6,17	6,09
	100 kPa Ar				
3º	65kPa O2+15kPa CO2+20kPa N2				
	70kPa O2+30kPa CO2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2	6,02	5,99	6,02	6,01
	Ar				
4º	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2	5,73	5,8	5,75	5,76
	Ar				

Tabela 42a- Valores de SST após o processamento mínimo de vagens, considerando as diferentes colheitas e atmosferas de armazenamento a 5°C (90%UR).

		SÓLIDOS SOLÚVEIS (°Brix)			
Experimentos	Misturas de Gases	Medidas			Média
		1	2	3	
1º	90kPa O2 + 10kPa N2				
	80kPa O2+ 20kPa N2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2	5	5,2	5,2	5,1
	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2				
2º	60kPa O2+30kPa CO2+10kPa N2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2				
	85kPa O2+15kPa CO2	5,2	5,2	5,2	5,2
	100 kPa Ar				
3º	65kPa O2+15kPa CO2+20kPa N2				
	70kPa O2+30kPa CO2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2	5,4	5,4	5,4	5,4
	Ar				
4º	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2	6,2	6,2	6,2	6,2
	Ar				

Tabela 43a- Valores de ácido ascórbico após o processamento mínimo de cenouras, considerando as diferentes colheitas e atmosferas de armazenamento a 11°C (90%UR).

VITAMINA C (mg ácido ascórbico/ 100 g produto)					
Experimento	Misturas de Gases	Repetições			Média
		1	2	3	
1 ^o	Ar				
	0,65kPa O2+ 0,15kPa CO2+ 0,20kPa N2	5,98	6,47	6,58	6,34
	0,70kPa O2+ 0,30kPa CO2				
	0,75kPa O2+ 0,15kPa CO2+ 0,10kPa N2				
2 ^o	Ar				
	0,75kPa O2+0,15kPa CO2+0,10kPa N2	7,43	8,92	8,09	8,15
	0,80kPa O2+ 0,20kPa N2				
	0,85kPa O2+ 0,15kPa CO2				
3 ^o	Ar				
	0,50kPa O2+ 0,30kPa CO2+ 0,20kPa N2	4,59	4,68	4,63	4,63
	0,60kPa O2+ 0,30kPa CO2+ 0,10kPa N2				

Tabela 44a- Valores de acidez titulável após o processamento mínimo de cenouras, considerando as diferentes colheitas e atmosferas de armazenamento a 11°C (90%UR).

ACIDEZ TITULÁVEL (g ácido málico/ 100g produto)					
Experimento	Misturas de Gases	Repetições			Média
		1	2	3	
1 ^o	Ar				
	0,65kPa O2+ 0,15kPa CO2+ 0,20kPa N2	0,246	0,241	0,263	0,250
	0,70kPa O2+ 0,30kPa CO2				
	0,75kPa O2+ 0,15kPa CO2+ 0,10kPa N2				
2 ^o	Ar				
	0,75kPa O2+0,15kPa CO2+0,10kPa N2	0,129	0,122	0,122	0,124
	0,80kPa O2+ 0,20kPa N2				
	0,85kPa O2+ 0,15kPa CO2				
3 ^o	Ar				
	0,50kPa O2+ 0,30kPa CO2+ 0,20kPa N2	0,153	0,148	0,136	0,145
	0,60kPa O2+ 0,30kPa CO2+ 0,10kPa N2				

Tabela 45a- Valores de pH após o processamento mínimo de cenouras, considerando as diferentes colheitas e atmosferas de armazenamento a 11°C (90%UR).

		pH			
Experimento	Misturas de Gases	Repetições			Média
		1	2	3	
1º	Ar				
	0,65kPa O2+ 0,15kPa CO2+ 0,20kPa N2	5,68	5,74	5,73	5,72
	0,70kPa O2+ 0,30kPa CO2				
	0,75kPa O2+ 0,15kPa CO2+ 0,10kPa N2				
2º	Ar				
	0,75kPa O2+0,15kPa CO2+0,10kPa N2				
	0,80kPa O2+ 0,20kPa N2	5,83	5,90	5,90	5,88
	0,85kPa O2+ 0,15kPa CO2				
	0,90kPa O2 + 0,10kPa N2				
3º	Ar				
	0,50kPa O2+ 0,30kPa CO2+ 0,20kPa N2	5,80	5,99	6,03	5,94
	0,60kPa O2+ 0,30kPa CO2+ 0,10kPa N2				

Tabela 46a- Valores de SST após o processamento mínimo de cenouras, considerando as diferentes colheitas e atmosferas de armazenamento a 11°C (90%UR).

		Sólidos Solúveis Totais (°Brix)			
Experimento	Misturas de Gases	Repetições			Média
		1	2	3	
1º	Ar				
	0,65kPa O2+ 0,15kPa CO2+ 0,20kPa N2	7,60	7,80	7,80	7,73
	0,70kPa O2+ 0,30kPa CO2				
	0,75kPa O2+ 0,15kPa CO2+ 0,10kPa N2				
2º	Ar				
	0,75kPa O2+0,15kPa CO2+0,10kPa N2				
	0,80kPa O2+ 0,20kPa N2	7,80	7,60	7,60	7,73
	0,85kPa O2+ 0,15kPa CO2				
	0,90kPa O2 + 0,10kPa N2				
3º	Ar				
	0,50kPa O2+ 0,30kPa CO2+ 0,20kPa N2	8,40	8,40	8,40	8,40
	0,60kPa O2+ 0,30kPa CO2+ 0,10kPa N2				

Tabela 47a- Contagem de bactérias aeróbias psicrotróficas após o processamento mínimo de vagens, considerando as diferentes épocas de colheita e atmosferas de armazenamento a 5°C (90%UR).

Aeróbios Psicrotróficos (Log UFC.g ⁻¹)						
Experimentos	Misturas de Gases	Medidas			Média	
		1	2	3		
1º	90kPa O2 + 10kPa N2	3,20	3,30	2,85	3,11 ± 0,24	
	80kPa O2+ 20kPa N2					
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2					
	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2					
2º	60kPa O2+30kPa CO2+10kPa N2	3,50	3,13	3,40	3,34 ± 0,19	
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2					
	85kPa O2+15kPa CO2					
	100 kPa Ar					
3º	65kPa O2+15kPa CO2+20kPa N2	3,75	3,50	3,88	3,71 ± 0,19	
	70kPa O2+30kPa CO2					
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2					
	Ar					
4º	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2 Ar	1,64	2,78	2,30	2,24 ± 0,60	

Tabela 48a- Contagem de bactérias aeróbias psicrotróficas após o processamento mínimo de cenouras, considerando as diferentes épocas de colheita e atmosferas de armazenamento a 11°C (90%UR).

Aeróbios Psicrotróficos (Log UFC.g ⁻¹)						
Experimentos	Misturas de Gases	Medidas			Média	
		1	2	3		
1º	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2	3,05	3,75	4,00	3,60 ± 0,49	
	65kPa O2+15kPa CO2+20kPa N2					
	70kPa O2+30kPa CO2					
	Ar					
2º	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2	3,30	2,32	3,00	2,87 ± 0,50	
	80kPa O2+ 20kPa N2					
	85kPa O2+15kPa CO2					
	90kPa O2 + 10kPa N2 Ar					
3º	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2	2,13	2,30	2,48	2,30 ± 0,18	
	60kPa O2+30kPa CO2+10kPa N2					
	Ar					

Tabela 49a- Contagem de bactérias aeróbias mesófilas após o processamento mínimo de vagens, considerando as diferentes épocas de colheita e atmosferas de armazenamento a 5°C (90%UR).

Aeróbios Mesófilos (Log UFC.g ⁻¹)					
Experimentos	Misturas de Gases	Medidas			Média
		1	2	3	
1º	90kPa O2 + 10kPa N2				
	80kPa O2+ 20kPa N2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2	5,10	5,90	5,90	5,64 ± 0,46
	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2				
2º	60kPa O2+30kPa CO2+10kPa N2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2				
	85kPa O2+15kPa CO2	2,90	3,60	3,30	3,26 ± 0,35
	100 kPa Ar				
3º	65kPa O2+15kPa CO2+20kPa N2				
	70kPa O2+30kPa CO2				
	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2	4,40	3,70	3,70	4,0 ± 0,39
	Ar				
4º	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2	1,00	2,70	2,30	2,00 ± 0,88
	Ar				

Tabela 50a- Contagem de bactérias aeróbias mesófilas após o processamento mínimo de cenouras, considerando as diferentes épocas de colheita e atmosferas de armazenamento a 11°C (90%UR).

Aeróbios Mesófilos (Log UFC.g ⁻¹)					
Experimentos	Misturas de Gases	Medidas			Média
		1	2	3	
1º	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2				
	65kPa O2+15kPa CO2+20kPa N2	3,00	3,00	3,04	3,01 ± 0,02
	70kPa O2+30kPa CO2				
	Ar				
2º	75kPa O2+15kPa CO2+10kPa N2				
	80kPa O2+ 20kPa N2				
	85kPa O2+15kPa CO2	2,34	2,28	1,95	2,19 ± 0,18
	90kPa O2 + 10kPa N2 Ar				
3º	50kPa O2+30kPa CO2+20kPa N2	3,00	2,00	2,00	2,33 ± 0,52
	60kPa O2+30kPa CO2+10kPa N2				
	Ar				

Tabela 51a- Crescimento de bactérias mesófilas e psicrotróficas, correspondentes à diferença entre os valores obtidos nos dias 3, 7, 10 e 14 para com o valor médio inicial para vagens PM, sob atmosferas de misturas de gases e ar, e armazenadas a 5°C (90%UR).

Taxa de Crescimento de Bactérias Aeróbias Log (UFC / g)								
Misturas de Gases	Psicrotróficas				Mesófilas			
	Dias de Armazenamento							
	3	7	10	14	3	7	10	14
Ar	0,36	1,77	3,66	4,47	2,12	1,85	3,74	4,55
	0,77	2,14	3,74	4,36	2,08	2,22	3,82	4,44
	0,94	3,44	3,70	4,39	2,10	3,52	3,78	4,47
	0,07	2,87	3,49	3,19	0,81	2,58	3,20	2,90
	-0,41	3,37	3,17	5,17	0,67	3,08	2,88	4,88
	0,49	3,29	3,10	4,17	0,61	3,00	2,81	3,88
	1,76	4,25	5,60	5,69	2,30	4,49	5,84	5,93
	2,71	3,84	4,80	5,06	2,00	4,08	5,04	5,30
	1,76	3,91	4,80	5,14	2,00	4,15	5,04	5,38
50kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	0,79	-0,07	0,93	1,42	1,70	1,48	3,66	4,18
	0,07	0,07	0,67	1,49	2,30	1,63	3,62	5,30
	0,86	0,00	0,74	1,43	1,00	2,52	3,41	5,18
	0,96	2,33	2,41	3,96	-0,74	0,12	-0,99	-1,32
	0,71	1,71	3,28	4,51	-0,74	0,13	-1,46	-1,86
	0,76	1,76	3,52	5,14	-0,08	-0,38	-1,16	-1,79
60kPaO ₂ + 30kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	-2,76	1,14	3,41	3,41	0,69	1,89	2,44	4,20
	-2,73	1,26	3,17	3,74	1,15	0,74	2,34	3,74
	-2,73	1,26	2,66	3,66	0,78	1,94	1,97	3,74
65kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 20kPaN ₂	-0,46	2,29	2,72	2,80	0,83	0,90	2,77	2,56
	0,07	2,61	2,61	2,70	0,56	1,00	2,62	2,80
	-0,71	2,61	2,65	2,67	0,20	1,60	2,63	2,61
70kPaO ₂ + 30kPaCO ₂	0,67	1,37	2,77	2,87	1,18	2,24	3,20	2,48
	0,63	2,78	2,81	2,86	1,00	1,85	3,08	2,93
	0,83	2,74	2,80	2,91	0,46	1,90	2,93	2,91
75kPaO ₂ + 15kPaCO ₂ + 10kPaN ₂	0,00	1,00	1,00	2,97	-2,16	-2,07	-0,64	-0,34
	0,07	0,97	1,25	3,84	-2,04	-1,46	-0,68	0,26
	-0,03	1,42	1,09	2,97	-1,74	-1,53	-0,67	0,06
	0,04	1,07	0,97	3,74	-2,49	-1,34	-0,74	0,59
	0,51	1,86	3,42	3,52	0,94	2,06	3,17	4,42
	0,44	1,84	2,77	3,47	0,92	2,37	3,06	3,57
	-0,30	1,14	2,89	3,36	0,49	1,64	3,08	3,66
	-0,14	1,26	2,70	3,37	0,22	1,89	2,89	3,46
	-0,41	2,44	2,86	2,99	0,93	1,90	3,20	2,87
	0,37	2,69	2,91	3,05	0,70	1,85	3,00	2,89
	-0,23	1,65	2,88	2,75	0,20	1,90	3,08	2,65
-0,41	1,85	3,10	2,91	0,46	2,00	3,00	2,74	
80kPaO ₂ + 20kPaN ₂	-0,07	2,19	3,62	3,89	-0,96	-0,44	1,13	1,36
	0,12	2,54	3,60	3,89	-1,11	0,36	1,22	1,36
	0,04	2,58	3,89	3,89	-0,30	0,19	1,30	1,79
85kPaO ₂ + 15kPaCO ₂	1,37	2,84	3,47	3,60	0,92	2,92	4,08	4,31
	1,00	2,74	2,36	3,58	1,22	2,89	3,97	4,52
	0,84	2,81	3,02	3,62	1,04	2,85	2,85	3,44
90kPaO ₂ + 10kPaN ₂	0,49	2,67	3,23	3,89	-1,99	-0,06	1,51	1,90
	0,49	2,74	3,27	4,07	-1,81	0,06	1,36	1,87
	0,52	2,47	3,38	4,15	-1,28	0,14	1,36	1,90

Tabela 52a- Crescimento de bactérias mesófilas e psicrótrólicas, correspondentes à diferença entre os valores obtidos nos dias 3, 7, 10 e 14 para com o valor médio inicial, para cenouras PM sob atmosferas de misturas de gases e ar, e armazenadas a 11°C (90%UR).

Taxa de Crescimento de Bactérias Aeróbias Log (UFC / g)								
Misturas de Gases	Mesófilas				Psicrótrólicas			
	Dias de Armazenamento							
	3	7	10	14	3	7	10	14
Ar	2,26	1,78	4,34	2,51	1,90	2,21	2,18	3,13
	2,26	2,48	3,96	2,40	1,70	3,04	2,00	2,74
	3,14	1,78	3,45	2,30	2,16	2,78	2,85	2,80
	2,25	2,53	2,03	3,47	2,30	0,88	1,85	3,74
	2,25	1,77	2,19	3,44	2,30	0,40	2,02	3,99
	2,25	1,89	2,37	3,45	2,28	1,00	1,94	2,21
	1,90	2,85	2,00	4,26	2,21	1,85	3,79	3,49
	1,40	3,37	1,85	3,14	2,24	2,30	3,39	2,89
	1,40	3,16	1,88	3,18	2,73	2,65	2,58	3,01
	50kPaO2 + 30kPaCO2 + 20kPaN2	0,40	1,40	-0,30	1,70	0,40	1,40	-0,30
0,00		0,18	0,35	1,10	0,00	0,18	0,35	1,10
-0,60		-0,60	0,00	1,44	-0,60	-0,60	0,00	1,44
60kPaO2 + 30kPaCO2 + 10kPaN2	0,40	1,25	1,40	0,40	0,40	1,40	1,40	0,40
	0,40	0,30	1,40	1,40	0,40	0,18	1,40	1,40
	-0,60	0,25	0,40	1,40	-0,60	-0,60	0,40	1,40
65kPaO2 + 15kPaCO2 + 20kPaN2	1,29	1,77	3,25	2,22	1,29	1,77	3,25	2,22
	0,99	0,47	3,31	2,66	0,99	0,47	3,31	2,66
	1,17	0,64	3,29	2,50	1,17	0,64	3,29	2,50
70kPaO2 + 30kPaCO2	2,03	1,59	3,33	2,17	2,03	1,59	3,33	2,17
	1,87	1,39	3,29	2,59	1,87	1,39	3,29	2,59
	1,59	1,17	3,39	2,44	1,59	1,17	3,39	2,44
75kPaO2 + 15kPaCO2 + 10kPaN2	2,77	2,40	3,29	2,22	2,77	2,40	3,29	2,22
	2,69	2,47	3,17	2,25	2,69	2,47	3,17	2,25
	2,84	2,44	3,03	2,25	2,84	2,44	3,03	2,25
	2,77	2,48	3,19	2,22	2,77	2,48	3,19	2,22
	1,78	2,78	3,18	3,19	1,78	2,78	3,18	3,19
	1,78	2,08	2,63	3,60	1,78	2,08	2,63	3,60
	1,78	2,56	2,86	2,63	1,78	2,56	2,86	2,63
	1,78	2,08	2,08	3,30	1,78	2,08	2,08	3,30
80kPaO2 + 20kPaN2	2,26	2,26	4,53	3,43	2,26	2,26	4,53	3,43
	2,38	3,14	3,98	3,66	2,38	3,14	3,98	3,66
	1,82	3,06	3,34	3,57	1,82	3,06	3,34	3,57
85kPaO2 + 15kPaCO2	0,78	2,73	2,78	2,08	0,78	2,73	2,78	2,08
	1,63	2,08	2,78	3,19	1,63	2,08	2,78	3,19
	0,78	2,56	2,08	2,48	0,78	2,56	2,08	2,48
90kPaO2 + 10kPaN2	2,30	2,63	3,29	3,43	2,30	2,63	3,29	3,43
	1,78	2,82	3,08	3,56	1,78	2,82	3,08	3,56
	2,63	4,06	3,32	3,49	2,63	4,06	3,32	3,49

Tabela 53a- Análise de variância do ajuste de modelos codificados, correspondentes à diferença de crescimento entre os valores obtidos nos dias 3 e 7 para com o valor médio inicial de bactérias psicrotróficas para vagens PM, sob atmosferas de 8 misturas e armazenadas a 5°C (90%UR).

Análise de Variância para Modelos Codificados - Bactérias Aeróbias Psicrotróficas								
DIA	Modelo	Soma de		Quadrado		F tabelado	P	
		Quadrados	G.L.	Médio	F			
3	Linear	5,31	2	2,65	7,87		0,002	
	Falta de Ajuste	5,40	5	1,08	6,76		0,0006	
	Erro Puro	3,35	21	0,16				
	Total	14,06	28					
	$R^2 = 37,70$		R^2 ajustado = 32,92					
	Quadrático	10,52	5	2,10	13,65	2,11	0,0001	
	Falta de Ajuste	0,19	2	0,09	0,59	2,57	0,40	
	Erro Puro	3,35	21	0,16				
	Total	14,06	28					
	$R^2 = 72,67$		R^2 ajustado = 68,11					
	Cúbico especial	10,69	6	1,78	11,65		0,0001	
	Falta de Ajuste	0,01	1	0,01	0,06		0,30	
Erro Puro	3,36	21	0,16					
Total	14,06	28						
$R^2 = 70,27$		R^2 ajustado = 66,70						
7	Linear	11,88	2	5,94	14,08		0,0001	
	Falta de Ajuste	4,55	5	0,91	2,98		0,03	
	Erro Puro	6,41	21	0,31				
	Total	22,84	28					
	$R^2 = 52,00$		R^2 ajustado = 48,31					
	Quadrático	12,91	4	3,22	7,79		0,0003	
	Falta de Ajuste	3,53	3	1,17	3,85		0,02	
	Erro Puro	6,40	21	0,31				
	Total	22,84	28					
	$R^2 = 56,50$		R^2 ajustado = 49,27					
	Cúbico especial	15,76	5	3,15	10,25	2,11	0,0001	
	Falta de Ajuste	0,67	2	0,33	1,10	2,57	0,35	
Erro Puro	6,41	21	0,31					
Total	22,84	28						
$R^2 = 69,00$		R^2 ajustado = 62,30						

Tabela 54a- Análise de variância do ajuste de modelos codificados, correspondentes à diferença de crescimento entre os valores obtidos nos dias 10 e 14 para com o valor médio inicial de bactérias psicrotróficas para vagens PM, sob atmosferas de 8 misturas e armazenadas a 5°C (90%UR).

Análise de Variância para Modelos Codificados - Bactérias Aeróbias Psicrotróficas								
DIA	Modelo	Soma de		Quadrado		F	F tabelado	P
		Quadrados	G.L.	Médio				
10	Linear	5,99	2	2,30	4,47			0,020
	Falta de Ajuste	10,33	5	2,07	6,12			0,001
	Erro Puro	7,09	21	0,34				
	Total	23,41	28					
	$R^2 = 25,60$		R^2 ajustado = 19,87					
	Quadrático	13,76	5	2,75	6,55			0,0006
	Falta de Ajuste	2,57	2	1,28	3,81			0,04
	Erro Puro	7,08	21	0,34				
	Total	23,41	28					
	$R^2 = 58,75$		R^2 ajustado = 49,78					
	Cúbico especial	14,81	4	3,70	10,33	2,19		0,0000
	Falta de Ajuste	1,51	3	0,50	1,49	2,36		0,24
Erro Puro	7,09	21	0,34					
Total	23,41	28						
$R^2 = 63,30$		R^2 ajustado = 57,14						
14	Linear	5,34	2	2,67	6,76			0,0040
	Falta de Ajuste	3,99	5	0,80	2,67			0,05
	Erro Puro	6,28	21	0,30				
	Total	15,61	28					
	$R^2 = 34,22$		R^2 ajustado = 29,16					
	Quadrático	9,02	4	2,26	8,22	2,19		0,0002
	Falta de Ajuste	0,31	3	0,10	0,35	2,36		0,79
	Erro Puro	6,28	21	0,30				
	Total	15,61	28					
	$R^2 = 57,80$		R^2 ajustado = 50,80					
	Cúbico especial	6,65	3	2,22	6,19			0,002
	Falta de Ajuste	2,68	4	0,67	2,24			0,09
Erro Puro	6,28	21	0,30					
Total	15,61	28						
$R^2 = 42,61$		R^2 ajustado = 35,70						

Tabela 55a- Análise de variância do ajuste de modelos codificados, correspondentes à diferença de crescimento entre os valores obtidos nos dias 3 e 7 para com o valor médio inicial de bactérias mesófilas para vagens PM, sob atmosferas de 8 misturas e armazenadas a 5°C (90%UR).

Análise de Variância para Modelos Codificados - Bactérias Aeróbias Mesófilas								
DIA	Modelo	Soma de		Quadrado		F	F tabelado	P
		Quadrados	G.L.	Médio				
3	Linear	5,30	2	2,65	7,87			0,002
	Falta de Ajuste	5,40	5	1,08	6,76			0,0006
	Erro Puro	3,36	21	0,16				
	Total	14,06	28					
	$R^2 = 37,70$		R^2 ajustado = 32,92					
	Quadrático	10,22	4	2,55	15,95	2,19		0,0001
	Falta de Ajuste	0,49	3	0,16	1,01	2,36		0,40
	Erro Puro	3,35	21	0,16				
	Total	14,06	28					
	$R^2 = 72,67$		R^2 ajustado = 68,11					
	Cúbico especial	9,88	3	3,29	19,69			0,0001
	Falta de Ajuste	0,82	4	0,21	1,29			0,30
Erro Puro	3,36	21	0,16					
Total	14,06	28						
$R^2 = 70,27$		R^2 ajustado = 66,70						
7	Linear	11,88	2	5,94	14,08			0,0001
	Falta de Ajuste	4,55	5	0,91	2,98			0,03
	Erro Puro	6,41	21	0,31				
	Total	22,84	28					
	$R^2 = 52,00$		R^2 ajustado = 48,31					
	Quadrático	13,45	3	4,48	11,94			0,0003
	Falta de Ajuste	2,98	4	0,74	2,44			0,07
	Erro Puro	6,41	21	0,31				
	Total	22,84	28					
	$R^2 = 58,90$		R^2 ajustado = 54,00					
	Cúbico especial	15,76	5	3,15	10,25	2,11		0,0001
	Falta de Ajuste	0,67	2	0,33	1,10	2,23		0,35
Erro Puro	6,41	21	0,31					
Total	22,84	28						
$R^2 = 69,00$		R^2 ajustado = 62,30						

Tabela 56a- Análise de variância do ajuste de modelos codificados, correspondentes à diferença de crescimento entre os valores obtidos nos dias 10 e 14 para com o valor médio inicial de bactérias mesófilas para vagens PM, sob atmosferas de 8 misturas e armazenadas a 5°C (90%UR).

Análise de Variância para Modelos Codificados - Bactérias Aeróbias Mesófilas								
DIA	Modelo	Soma de		Quadrado		F	F tabelado	P
		Quadrados	G.L.	Médio				
10	Linear	5,99	2	2,30	4,47			0,02
	Falta de Ajuste	10,33	5	2,07	6,12			0,001
	Erro Puro	7,09	21	0,34				
	Total	23,41	28					
	$R^2 = 25,60$		R^2 ajustado = 19,87					
	Quadrático	13,76	5	2,75	6,55			0,0006
	Falta de Ajuste	2,57	2	1,28	3,81			0,04
	Erro Puro	7,08	21	0,34				
	Total	23,41	28					
	$R^2 = 37,64$		R^2 ajustado = 30,00					
14	Cúbico especial	14,81	4	3,70	10,33	2,19		0,0000
	Falta de Ajuste	1,51	3	0,50	1,49	2,36		0,25
	Erro Puro	7,09	21	0,34				
	Total	23,41	28					
	$R^2 = 63,30$		R^2 ajustado = 57,14					
	Linear	5,34	2	2,67	6,76			0,0040
	Falta de Ajuste	3,99	5	0,80	2,67			0,05
	Erro Puro	6,28	21	0,30				
	Total	15,61	28					
	$R^2 = 34,22$		R^2 ajustado = 29,16					
14	Quadrático	9,02	4	2,26	8,22	2,19		0,0002
	Falta de Ajuste	0,31	3	0,10	0,35	2,36		0,79
	Erro Puro	6,28	21	0,30				
	Total	15,61	28					
	$R^2 = 57,80$		R^2 ajustado = 50,80					
	Cúbico especial	8,97	5	1,79	6,21			0,0008
	Falta de Ajuste	0,36	2	0,18	0,61			0,55
	Erro Puro	6,28	21	0,30				
	Total	15,61	28					
	$R^2 = 57,45$		R^2 ajustado = 48,20					

Tabela 57a- Análise de variância do ajuste de modelos codificados, correspondentes à diferença de crescimento entre os valores obtidos nos dias 3 e 7 para com o valor médio inicial de bactérias psicrotróficas para cenouras PM, sob atmosferas de 8 misturas e armazenadas a 11°C (90%UR).

Análise de Variância de Modelos Codificados - Bactérias Aeróbias Psicrotróficas								
Dia	Modelo	Soma de Quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	F tabelado	P	
3	Linear	5,31	2	2,65	7,87		0,002	
	Falta de Ajuste	5,40	5	1,08	6,80		0,0006	
	Erro Puro	3,36	21	0,16				
	Total	14,07	28					
	$R^2 = 37,69$		R^2 ajustado = 32,90					
	Quadrático	10,51	4	2,55	15,95	2,78	0,000002	
	Falta de Ajuste	0,49	3	0,16	1,02	3,07	0,40	
	Erro Puro	3,35	21	0,16				
	Total	14,35	28					
	$R^2 = 76,70$		R^2 ajustado = 68,10					
7	Cúbico especial	9,88	3	3,30	19,69		0,00002	
	Falta de Ajuste	0,83	4	0,21	1,29		0,30	
	Erro Puro	3,36	21	0,16				
	Total	14,07	28					
	$R^2 = 70,34$		R^2 ajustado = 66,74					
	Linear	11,88	2	5,94	14,08		0,00007	
	Falta de Ajuste	4,55	5	0,91	2,98		0,03	
	Erro Puro	6,41	21	0,31				
	Total	22,84	28					
	$R^2 = 52,00$		R^2 ajustado = 48,35					
Quadrático	14,80	5	2,96	8,46		0,0001		
Falta de Ajuste	1,64	2	0,82	2,68		0,09		
Erro Puro	6,41	21	0,31					
Total	22,82	28						
$R^2 = 64,79$		R^2 ajustado = 57,14						
Cúbico especial	15,76	5	3,150	10,25	2,64	0,00003		
Falta de Ajuste	0,67	2	0,330	1,09	3,47	0,35		
Erro Puro	6,41	21	0,310					
Total	22,84	28						
$R^2 = 69,00$		R^2 ajustado = 62,30						

Tabela 58a- Análise de variância do ajuste de modelos codificados, correspondentes à diferença de crescimento entre os valores obtidos nos dias 10 e 14 para com o valor médio inicial de bactérias psicrotróficas para cenouras PM, sob atmosferas de 8 misturas e armazenadas a 11°C (90%UR).

Análise de Variância de Modelos Codificados - Bactérias Aeróbias Psicrotróficas								
Dia	Modelo	Soma de Quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	F tabelado	P	
10	Linear	6,00	2	3,00	4,47		0,021	
	Falta de Ajuste	10,33	5	2,07	6,12		0,001	
	Erro Puro	7,09	21	0,34				
	Total	23,42	28					
	R ² = 25,65		R ² ajustado = 19,93					
	Quadrático	13,74	5	2,75	6,55		0,0006	
	Falta de Ajuste	2,56	2	1,28	3,79		0,04	
	Erro Puro	7,08	21	0,34				
	Total	23,38	28					
	R ² = 58,78		R ² ajustado = 49,82					
14	Cúbico especial	14,81	4	3,70	10,33	2,76	0,00005	
	Falta de Ajuste	1,51	3	0,50	1,49	3,07	0,25	
	Erro Puro	7,09	21	0,34				
	Total	23,41	28					
	R ² = 63,26		R ² ajustado = 57,14					
	Linear	5,35	2	2,67	6,76		0,0040	
	Falta de Ajuste	3,99	5	0,80	2,67		0,05	
	Erro Puro	6,28	21	0,30				
	Total	15,62	28					
	R ² = 34,20		R ² ajustado = 29,16					
14	Quadrático	9,03	4	2,25	8,21	2,78	0,0002	
	Falta de Ajuste	0,31	3	0,10	0,35	3,07	0,79	
	Erro Puro	6,28	21	0,30				
	Total	15,62	28					
	R ² = 57,80		R ² ajustado = 50,76					
	Cúbico especial	9,06	6	1,51	5,05		0,0021	
	Falta de Ajuste	0,28	1	0,28	0,95		0,34	
	Erro Puro	6,28	21	0,30				
	Total	15,62	28					
	R ² = 57,98		R ² ajustado = 46,52					

Tabela 59a- Análise de variância do ajuste de modelos codificados, correspondentes à diferença de crescimento entre os valores obtidos nos dias 3 e 7 para com o valor médio inicial de bactérias mesófilas para cenouras PM, sob atmosferas de 8 misturas e armazenadas a 11°C (90%UR).

Análise de Variância de Modelos Codificados - Bactérias Aeróbias Mesófilas								
Dia	Modelo	Soma de Quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	F tabelado	P	
3	Linear	5,30	2	2,65	7,87		0,002	
	Falta de Ajuste	5,40	5	1,08	6,80		0,0006	
	Erro Puro	3,35	21	0,16				
	Total	14,05	28					
	$R^2 = 37,69$		R^2 ajustado = 32,90					
	Quadrático	10,21	4	2,55	15,95	2,78	0,000002	
	Falta de Ajuste	0,49	3	0,16	1,02	3,07	0,40	
	Erro Puro	3,35	21	0,16				
	Total	14,05	28					
	$R^2 = 76,70$		R^2 ajustado = 68,10					
7	Cúbico especial	9,88	3	3,30	19,69		0,00002	
	Falta de Ajuste	0,82	4	0,20	1,29		0,30	
	Erro Puro	3,35	21	0,16				
	Total	14,05	28					
	$R^2 = 70,27$		R^2 ajustado = 66,70					
	Linear	11,88	2	5,94	14,08		0,00007	
	Falta de Ajuste	4,55	5	0,91	2,98		0,03	
	Erro Puro	6,41	21	0,31				
	Total	22,84	28					
	$R^2 = 52,00$		R^2 ajustado = 48,35					
7	Quadrático	14,61	4	3,65	10,65		0,0001	
	Falta de Ajuste	1,82	3	0,60	2,00		0,14	
	Erro Puro	6,41	21	0,31				
	Total	22,84	28					
	$R^2 = 63,96$		R^2 ajustado = 57,96					
	Cúbico especial	15,76	5	3,15	10,25	2,64	0,00003	
	Falta de Ajuste	0,67	2	0,33	1,09	3,47	0,35	
	Erro Puro	6,41	21	0,31				
	Total	22,84	28					
	$R^2 = 69,00$		R^2 ajustado = 62,30					

Tabela 60a- Análise de variância do ajuste de modelos codificados, correspondentes à diferença de crescimento entre os valores obtidos nos dias 10 e 14 para com o valor médio inicial de bactérias mesófilas para cenouras PM, sob atmosferas de 8 misturas e armazenadas a 11°C (90%UR).

Análise de Variância de Modelos Codificados - Bactérias Aeróbias Mesófilas								
Dia	Modelo	Soma de Quadrados	G.L.	Quadrado Médio	F	F tabelado	P	
10	Linear	6,00	2	3,00	4,47		0,02	
	Falta de Ajuste	10,33	5	2,07	6,12		0,001	
	Erro Puro	7,09	21	0,34				
	Total	23,42	28					
	$R^2 = 25,60$		R^2 ajustado = 19,87					
	Quadrático	11,33	3	3,77	7,80		0,0007	
	Falta de Ajuste	5,00	4	1,25	3,71		0,01	
	Erro Puro	7,09	21	0,34				
	Total	23,42	28					
	$R^2 = 48,35$		R^2 ajustado = 42,15					
14	Cúbico especial	14,82	4	3,70	10,33	2,76	0,00005	
	Falta de Ajuste	1,51	3	0,50	1,49	3,07	0,25	
	Erro Puro	7,09	21	0,34				
	Total	23,42	28					
	$R^2 = 63,26$		R^2 ajustado = 57,14					
	Linear	5,34	2	2,67	6,76		0,004	
	Falta de Ajuste	3,99	5	0,80	2,67		0,05	
	Erro Puro	6,28	21	0,30				
	Total	15,62	28					
	$R^2 = 34,20$		R^2 ajustado = 29,16					
14	Quadrático	9,03	4	2,25	8,21	2,78	0,0002	
	Falta de Ajuste	0,31	3	0,10	0,35	3,07	0,79	
	Erro Puro	6,28	21	0,30				
	Total	15,62	28					
	$R^2 = 57,80$		R^2 ajustado = 50,76					
	Cúbico especial	6,66	3	2,21	6,19		0,003	
	Falta de Ajuste	2,68	4	0,67	2,24		0,10	
	Erro Puro	6,28	21	0,30				
	Total	15,62	28					
	$R^2 = 42,61$		R^2 ajustado = 35,70					