

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS E NUTRIÇÃO

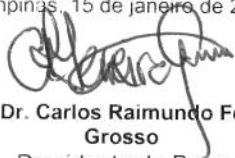
"COBERTURAS COMESTÍVEIS APLICADAS NA PRESERVAÇÃO DE
GOIABAS *IN NATURA* (*Psidium guajava* L.)"

PARECER

Este exemplar corresponde à
redação final da tese defendida
por **Farayde Matta Fakhouri**
aprovada pela Comissão
Julgadora em 15 de janeiro de
2003.

FARAYDE MATTa FAKHOURI

Campinas, 15 de janeiro de 2003.


Prof. Dr. Carlos Raimundo Ferreira
Grosso
Presidente da Banca

Campinas

2002

UNICAMP
BIBLIOTECA CENTRAL
SEÇÃO CIRCULANTE

UNIDADE BC
Nº CHAMADA T/UNICAMP
F179C
V EX
TOMEQ BC/ 52731
PRGC 16-124103
C D X
PREÇO R\$11,00
DATA 15/03/03
Nº CPD

CM001B1008-1

BIB ID 284943

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA F.E.A. - UNICAMP

F000c
F179C
Fakhouri, Farayde Matta
Coberturas comestíveis aplicadas na preservação de goiabas in
natura (*Psidium guajava* L) / Farayde Matta Fakhouri. - Campinas,
SP: [s.n.], 2002.

Orientador: Carlos Raimundo Ferreira Grosso
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1.Filmes comestíveis. 2.Goiabas. 3.Gelatina. 4.Ácidos graxos.
I.Grosso, Carlos Raimundo Ferreira. II.Universidade Estadual de
Campinas.Faculdade de Engenharia de Alimentos. III.Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS
DEPARTAMENTO DE PLANEJAMENTO ALIMENTAR E
NUTRIÇÃO



“COBERTURAS COMESTÍVEIS APLICADAS NA PRESERVAÇÃO DE
GOIABAS *IN NATURA* (*Psidium guajava* L.)”

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Mestre em
Alimentos e Nutrição - Área de Nutrição Aplicada à Tecnologia de Alimentos

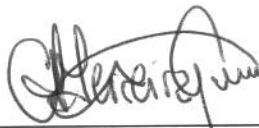
FARAYDE MATTA FAKHOURI

Engenheira de alimentos

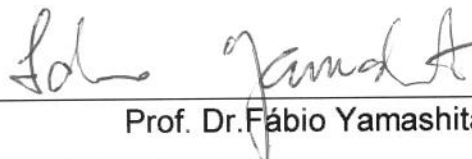
Prof. Dr. CARLOS RAIMUNDO FERREIRA GROSSO

Orientador

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Carlos Raimundo Ferreira Grosso
Universidade Estadual de Campinas
(orientador)



Prof. Dr. Fábio Yamashita
Universidade Estadual de Londrina
(membro)

Profa. Dra. Flávia Maria Neto
Universidade Estadual de Campinas
(membro)



Profa. Dra. Hilary Castle de Menezes
Universidade Estadual de Campinas
(membro)

Campinas, de de 2003

PARTILHA

Quando eu arar, terei feito
o meu caminho. Por isso te hei
de plantar. Cairão das mãos as antigas
sementes e as espigas crescerão
depois com o sol de sempre.
O vale é fértil mas as provisões
são lentas, devo pois arar.
Só quem conhece sabe como é belo
o silêncio preparando as frutas. (...)

OSCAR BERTHOLDO

A meus pais Lourdes, Philippe e Tia Cida,
por me ensinarem o amor à vida;
Ao Sólon, Gabi e Filó,
por me fazerem ver que ela ainda vale a pena.

Agradecimentos

A Deus por tudo e acima de tudo.

A Santo Antônio, sempre.

Ao meu orientador, professor Carlos Grosso, por acreditar em mim, mesmo quando eu duvidei, pela sua presença em todas as horas e por me mostrar um caminho que é minha paixão.

À professora Flávia Maria Neto, pelas dicas valiosas durante todo o período da tese, além do cuidado com a sua finalização. À professora Hilary Castle de Menezes pela sua boa vontade sempre e pelas correções da tese. Ao professor Fábio Yamashita por suas ricas sugestões e por se mostrar totalmente disposto a ajudar e facilitar o término desse trabalho.

A Mirna por sempre estar ao meu lado e dar sábios conselhos em todos os momentos da minha vida, ao Vanildo e a Cris, pela confiança. Aos três, ao João Cláudio e aos meus outros professores do Ibilce, por me trazerem maravilhosas lembranças.

Ao Cosme, pela paciência, ao Chico por, além da paciência, me ensinar muita coisa, a Susana, pelas inúmeras vezes que fomos colher goiaba, a Fátima, a Nice, a Lia, por toda a ajuda e força e ao Gustavo, por sempre dar um jeitinho nas coisas.

A todas as pessoas que com paciência e atenção participaram da análise sensorial tornando possível sua realização. À Natália, pela atenção especial e a Gi, por ser minha companheira de anos.

A todas as pessoas do laboratório de controle de qualidade, que sempre estão dispostas a ouvir e ajudar: Renata, Izabela e Ana Sílvia; A Patrícia, pelo ótimo convívio, pelos dias e trabalhos compartilhados; A Juliana por toda sua contribuição e dedicação a Larissa por estar sempre do meu lado, em tudo e para tudo.

A Tina por ser o que é e sempre me mostrar uma saída.

A todas as pessoas do laboratório de frutas e hortaliças, em especial a Ana Koon e Priscila, por todo o apoio e por terem me abrigado quando cheguei aqui.

Ao Márcio e a Lise, pela descontração dos almoços de sábado.

A minha amiga Lú, pelos desabafos, segredos compartilhados e aos cafés junto com nosso amigo Ricardo, que tornaram os fardos leves.

Ao Fabinho, o irmão que eu não tive e nem se me dessem a chance de escolha, teria um melhor.

A Guida, Zé Raimundo e Vítor, por sempre trazerem alegria.

Aos meus amigos de sempre, por saber que vocês existem e são maravilhosos: Ana, Paula, Zezé, Lima, Vítor, Roberta, Tereza, Dani e Paulinho.

Ao Marcelo, por participar da minha vida e por fazer o caminho ficar mais curto e mais feliz.

Ao Dê, por fazer com que eu veja o melhor das coisas, por acreditar no meu trabalho e me fazer esquecer dele com suas histórias.

A todas as pessoas que um dia vão ler esse trabalho, dando maior sentido a ele.

Muito Obrigada
Fara

ÍNDICE

ÍNDICE.....	XIII
ÍNDICE DE TABELAS	XVII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIX
RESUMO.....	XXI
SUMMARY	XXIII
INTRODUÇÃO.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CAPÍTULO 1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
1. <i>Filmes E Coberturas Comestíveis</i>	5
2. <i>Materiais De Cobertura</i>	9
2.1 Hidrocolóides	10
2.1.1 Gelatina	10
2.2 Lipídeos.....	13
2.2.1 Ácidos Graxos	14
2.3 Compostos formados por hidrocolóides e lipídeos	15
3. <i>OBTENÇÃO DE FILMES E TÉCNICAS DE RECOBRIMENTO</i>	16
3.1 Coacervação	16
3.2 Remoção do solvente.....	16
3.3 Solidificação após fusão	16
4. <i>TÉCNICAS DE RECOBRIMENTO</i>	16
4.1 Imersão direta.....	16
4.2 Pulverização	17
4.3 Moldagem	17
5. <i>CARACTERIZAÇÃO DE FILMES</i>	17
5.1 Espessura.....	17
5.2 Propriedades de barreira	18
5.3 Propriedades mecânicas.....	19

5.4 Solubilidade em água.....	20
6. <i>ASPECTOS FISIOLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS</i>	20
6.1 Maturação.....	20
6.2 Amadurecimento	21
6.3 Respiração	22
6.4 Padrões de atividade respiratória.....	23
7. <i>GOIABA</i>	24
8. <i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	27
CAPÍTULO 2. DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DE FILMES COMESTÍVEIS DE GELATINA, TRIACETINA E ÁCIDOS GRAXOS.....	35
RESUMO	35
SUMMARY	36
1. <i>INTRODUÇÃO</i>	37
2. <i>METODOLOGIA</i>	38
2.1 Materiais	38
2.2 Elaboração de filmes de gelatina e triacetina.....	38
2.3 Elaboração de filmes compostos de gelatina e ácidos graxos.....	38
2.4 Elaboração de filmes compostos de gelatina, triacetina e ácidos graxos.....	39
2.5 Elaboração de filmes formados por dupla camada.....	39
2.6 Aspecto visual	40
2.7 Espessura do filme.....	40
2.8 Permeabilidade ao vapor de água.....	40
2.9 Permeabilidade ao oxigênio	41
2.10 Propriedades mecânicas	41
2.11 Solubilidade em água.....	41
2.12 Opacidade.....	42
2.13 Microscopia eletrônica.....	42
2.14 Análise estatística	43
3. <i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	43

3.1	Filmes de gelatina e triacetina.....	43
3.2	Filmes de gelatina e ácidos graxos	45
3.3	Filmes compostos e de dupla camada.....	48
3.4	Opacidade dos filmes.....	51
3.5	Microscopia eletrônica dos filmes.....	51
4.	<i>CONCLUSÕES</i>	57
5.	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	58
CAPÍTULO 3. VIDA ÚTIL DE GOIABAS REFRIGERADAS RECOBERTAS COM GELATINA, TRIACETINA E ÁCIDO LÁURICO.....		61
RESUMO		61
SUMMARY		62
1.	<i>INTRODUÇÃO</i>	63
2.	<i>METODOLOGIA</i>	65
2.1	Cobertura de gelatina e triacetina.	65
2.2	Cobertura de gelatina e ácido láurico.	65
2.3	Cobertura de gelatina, triacetina e ácido láurico.	66
2.4	Recobrimento das goiabas	66
2.5	Parâmetros físico-químicos.....	67
2.5.1	Perda de Massa	67
2.5.2	Dureza	67
2.5.3	Cor	67
2.5.4	Sólidos solúveis	67
2.5.5	pH.....	68
2.5.6	Acidez total titulável	68
2.5.7	Umidade e sólidos totais	68
2.5.8	Açúcares redutores e totais.....	68
2.6	Avaliação sensorial.....	68
2.7	Análise estatística	70
3.	<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	70
3.1	Perda de Massa.....	70

3.2	Retenção da Dureza.....	71
3.3	Cor	75
3.4	Parâmetros físico-químicos.....	76
3.5	Análise sensorial.....	81
3.5.1	Avaliação Sensorial para estimativa da vida útil das goiabas estocadas sob refrigeração.....	81
3.5.2	Análise sensorial de sabor	85
4.	<i>CONCLUSÕES</i>	89
5.	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	91
CAPÍTULO 4. ANÁLISE SENSORIAL DE GOIABAS REFRIGERADAS RECOBERTAS COM GELATINA, TRIACETINA E ÁCIDO LÁURICO; RESULTADOS E DISCUSSÃO		
COMPLEMENTARES.		95
1.	<i>INTRODUÇÃO</i>	95
2.	<i>METODOLOGIA</i>	96
3.	<i>RESULTADOS E DISCUSSÃO</i>	96
4.	<i>CONCLUSÕES</i>	123
5.	<i>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	124
CONCLUSÕES GERAIS		125

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1. PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA, ESPESSURA E SOLUBILIDADE DOS FILMES DE GELATINA E TRIACETINA.	44
TABELA 2. PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS FILMES DE GELATINA E TRIACETINA.....	44
TABELA 3. PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA, ESPESSURA E SOLUBILIDADE DOS FILMES DE GELATINA E ÁCIDOS GRAXOS.	47
TABELA 4. PROPRIEDADES MECÂNICAS DOS FILMES DE GELATINA E ÁCIDOS GRAXOS.....	48
TABELA 5. PERMEABILIDADE AO VAPOR DE ÁGUA, ESPESSURA E SOLUBILIDADE DOS FILMES COMPOSTOS (FC) E DE DUPLA CAMADA (DC).	50
TABELA 6. PROPRIEDADES MECÂNICAS E PERMEABILIDADE AO OXIGÊNIO DOS FILMES COMPOSTOS (FC) E DE DUPLA CAMADA (DC).	50
TABELA 7. SÓLIDOS TOTAIS, UMIDADE, pH E ACIDEZ TITULÁVEL DOS FRUTOS ARMAZENADOS.	79
TABELA 8. AÇÚCARES TOTAIS E AÇÚCARES REDUTORES DOS FRUTOS ARMAZENADOS.	80
TABELA 9. ANÁLISE SENSORIAL DOS TRATAMENTOS.	84
TABELA 10. MÉDIAS DOS PARÂMETROS SENSORIAIS OBTIDOS NA DEGUSTAÇÃO DAS AMOSTRAS.	86

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. OPACIDADE DOS FILMES.....	51
FIGURA 2. MICROGRAFIAS DA SUPERFÍCIE DOS FILMES OBTIDAS POR SEM (X 700): A. FILME DE GEL/TRI 5%; B. FILME DE GEL/AL 15% E C. FILME DE GEL/TRI/AL.....	55
FIGURA 3. PERDA DE MASSA DAS GOIABAS DURANTE 20 DIAS DE ARMAZENAMENTO.	71
FIGURA 4. DUREZA DA GOIABA: A. MEDIDA CONSIDERANDO POLPA + RECHEIO, B. MEDIDA CONSIDERANDO SOMENTE O RECHEIO.....	72
FIGURA 5. DUREZA MEDIDA NO RECHEIO DA GOIABA.	73
FIGURA 6. DUREZA MEDIDA NA POLPA + RECHEIO DA GOIABA.	73
FIGURA 7. EVOLUÇÃO DE B*/A* DURANTE A ESTOCAGEM REFRIGERADA.....	75
FIGURA 8. EVOLUÇÃO DA COR DURANTE A ESTOCAGEM REFRIGERADA MEDIDA ATRAVÉS DE ΔE	76
FIGURA 9. AVALIAÇÃO SENSORIAL DA VIDA ÚTIL, ATRIBUTOS: A. APARÊNCIA, B. COLORAÇÃO, C. BRILHO, D. INTENÇÃO DE COMPRA.....	81
FIGURA 10. HISTOGRAMA DE SABOR DE FRUTAS: A. SABOR DAS FRUTAS; B. SABOR DAS FRUTAS COBERTAS APÓS LAVAGEM.....	85
FIGURA 11. HISTOGRAMA DA INTENÇÃO DE COMPRA DOS FRUTOS COBERTOS: A. INTENÇÃO DE COMPRA DAS FRUTAS COBERTAS; B. INTENÇÃO DE COMPRA DAS FRUTAS COBERTAS APÓS LAVAGEM.....	85
FIGURA 12. APARÊNCIA DAS GOIABAS AO LONGO DA ESTOCAGEM.....	95
FIGURA 13. COR DAS. GOIABAS AO LONGO DA ESTOCAGEM.....	97
FIGURA 14. BRILHO DAS GOIABAS AO LONGO DA ESTOCAGEM.....	99
FIGURA 15. INTENÇÃO DE COMPRA DAS GOIABAS AO LONGO DA ESTOCAGEM.....	101
FIGURA 16. ANÁLISE SENSORIAL DAS GOIABAS NA DEGUSTAÇÃO (9º DIA).....	103
FIGURA 17. ANÁLISE SENSORIAL DAS GOIABAS LAVADAS NA DEGUSTAÇÃO (9º DIA).....	105
FIGURA 18. LOTES DE GOIABAS EM DIVERSOS DIAS DE ARMAZENAMENTO.....	107
FIGURA 19. AMOSTRAS APRESENTADAS NO 12º DIA DE ANÁLISE SENSORIAL.....	109
FIGURA 20. AMOSTRAS APRESENTADAS NO 16º DIA DE ANÁLISE SENSORIAL.....	111
FIGURA 21. AMOSTRAS APRESENTADAS NO 20º DIA DE ANÁLISE SENSORIAL.....	113
FIGURA 22. FICHAS DE AVALIAÇÃO SENSORIAL APRESENTADA AOS PROVADORES.	115

FIGURA 23. FICHAS DE AVALIAÇÃO SENSORIAL APRESENTADA AOS PROVADORES PARA DEGUSTAÇÃO DAS AMOSTRAS.	121
---	-----

RESUMO

Filmes à base de gelatina com adição de triacetina e ácidos graxos compostos e de dupla camada foram produzidos e caracterizados quanto às propriedades de barreira à água, ao oxigênio e mecânicas. Posteriormente, as melhores formulações foram aplicadas como coberturas filmogênicas sobre goiabas brancas no estágio "verde maduro". Frutas sem cobertura serviram de controle. As frutas foram estocadas sob refrigeração a 12°C, durante vinte dias. O processo de maturação foi acompanhado por parâmetros físico-químicos, incluindo pH, acidez titulável, °Brix, açúcares totais e redutores, textura, cor e perda de peso, medidos em intervalos de quatro dias. A avaliação da vida útil foi realizada através de análise sensorial, incluindo aparência global, brilho, cor e intenção de compra, com a mesma periodicidade. Análises sensoriais específicas para o sabor, aroma, textura e intenção de compra foram feitas após 9 dias de estocagem.

Filmes simples de gelatina e triacetina apresentaram baixa permeabilidade à água, ao oxigênio e alta resistência mecânica. A adição de ácido láurico à gelatina produziu filmes menos permeáveis à água comparados àqueles com ácidos esteárico e palmítico. Morfologicamente, como observado por microscopia eletrônica de varredura, o ácido láurico mostrou-se fortemente incorporado à matriz filmogênica. O aumento da concentração de ácidos provocou uma diminuição da resistência à tração e aumento da elongação. A partir das melhores concentrações dos ácidos e de triacetina, foram produzidos filmes compostos e de dupla camada contendo gelatina, triacetina e ácido graxo. Os filmes compostos apresentaram melhores propriedades mecânicas e de barreira que os de dupla camada. Nas concentrações estudadas, a adição de ácidos graxos e de triacetina não comprometeu a transparência dos filmes de gelatina.

As coberturas mostraram-se efetivas na extensão da vida útil das goiabas em relação às frutas *in natura* sem cobertura, sendo bem aceitas pelos consumidores no período avaliado. Através da perda de massa, foi observado um

acrécimo na vida útil de 8 dias, enquanto que pela avaliação sensorial o acréscimo foi de 12 dias. Entre as coberturas, a mistura de gelatina e triacetina mostrou-se a melhor, tanto sensorialmente quanto nos parâmetros físico-químicos estudados. A incorporação de brilho, devido à adição das coberturas, teve um efeito favorável na aparência das amostras. Coberturas contendo ácido láurico, apesar de apresentarem aspectos positivos, influenciaram o sabor típico das goiabas. Entretanto, a lavagem das goiabas antes da degustação mostrou-se suficiente para remover a presença de sabor estranho nas frutas.

SUMMARY

Composite and double layer gelatin films with added triacetin and fatty acids were produced and characterized with respect to their mechanical resistance and barrier properties against water and oxygen. After characterization the best formulations were applied to white guava fruits during the mature green stage. The fruits were stored under refrigeration for twenty days, together with an uncoated control. The physico-chemical parameters used to evaluate maturation included pH, titratable acidity, °Brix, total and reducing sugars, hardness, color and loss in weight, and were measured at four-day intervals. In addition the shelf life was evaluated by a sensory analysis, including overall appearance, shine, color and buying intention at the same intervals. A specific sensory analysis for flavor, aroma, texture and buying intention was applied after 9 days of storage. Simple films of gelatin with added triacetin presented low permeability to water and oxygen and good mechanical resistance. The addition of lauric acid to the gelatin produced films less permeable to water than those incorporating stearic and palmitic acids, and a morphological examination with the scanning electron microscope showed that the lauric acid was strongly incorporated into the filmogenic matrix. An increase in the concentration of the acids resulted in a decrease in tensile strength and increase in stretching. Using the best concentrations of triacetin and acids, compound and double layer films were produced containing gelatin, triacetin and fatty acid. The compound films showed better mechanical and barrier properties than the double layer films. In the concentrations used, the addition of triacetin and fatty acids did not reduce the transparency of the gelatin films. The coatings were shown to be effective in extending the shelf life of the guavas as compared to the uncoated fruits, and were well accepted by the consumers throughout the whole period of the experiment. According to the loss in weight, the shelf life was extended by 8 days, and according to the sensory evaluation, by 12 days. Of the coatings studied, the gelatin film containing triacetin was shown to be the best, both from the sensory and physico-chemical parameters studied. The incorporation of brightness with the use of coatings had a favorable effect on the appearance.

Coatings containing lauric acid, despite some positive aspects, influenced the typical flavor of the guavas. However, washing of the fruits before eating was sufficient to remove the off-flavor.

INTRODUÇÃO

A utilização de embalagens sintéticas tem sido crescente nas últimas décadas, aliada a um grande desenvolvimento tecnológico e funcional que se traduziu na utilização de filmes simples, compostos e de multicamadas à base de resinas, plásticos e derivados de celulose, capazes de reduzir a troca de gases e de solutos entre o produto embalado e seu entorno. No entanto, a crescente preocupação com a preservação ambiental tem indicado a necessidade de alternativas menos agressivas ao meio ambiente. Nesse contexto, o desenvolvimento de filmes e coberturas comestíveis ou biodegradáveis pode contribuir de forma significativa, razão pela qual tem crescido acentuadamente nos últimos anos.

Os atributos requeridos para as embalagens comestíveis dependem principalmente das alterações apresentadas pelo produto a ser protegido, bem como das condições onde o mesmo será armazenado. Entre as características desejáveis, um filme ou cobertura para propósitos alimentícios deve apresentar boas propriedades sensoriais, de barreira a gases e mecânicas, suficiente estabilidade bioquímica, físico-química e microbiológica, estar isento de resíduos tóxicos e ser seguro para o consumo, apresentar uma tecnologia simples de fabricação, não ser poluente e apresentar disponibilidade e baixo custo, tanto com relação à matéria prima como no processo de obtenção (DEBEAUFORT *et al.*, 1998).

Perdas pós-colheita de produtos vegetais são estimadas em 25% do total produzido. A eliminação ou minimização dessas perdas apresentam diversas vantagens, como aumento no suprimento sem aumento da área de cultivo, economia energética relacionada à fração de sua produção e comercialização, redução da poluição e satisfação das necessidades do consumidor com a mesma quantidade de energia, terra, água e trabalho (CHITARRA, CHITARRA, 1990).

Uma das propostas para a utilização de filmes e coberturas comestíveis e/ou biodegradáveis é a preservação e extensão da vida útil de frutas e hortaliças, que mesmo após a colheita continuam a respirar. O controle das transformações bioquímicas durante o amadurecimento pode ocorrer através da modulação seletiva da transferência de massa, incluindo trocas gasosas de O_2 , CO_2 e de etileno, e limitando sua desidratação através do controle da permeabilidade à água. Os trabalhos disponíveis estão direcionados para a utilização de atmosfera modificada de forma passiva, com o produto/embalagem, determinando as concentrações gasosas na superfície do produto, ou ativa, através da adição de gases em concentrações adequadas à diminuição da velocidade de amadurecimento.

Diferentes fatores podem afetar a performance do sistema fruta-cobertura desde o tipo de fruta a espessura e integridade da cobertura (CISNEROS-ZEVALLOS, KROCHTA, 2002). A permeabilidade através do filme/cobertura é determinada por diversos fatores, incluindo a morfologia, densidade, estrutura química, cristalinidade e orientação polimérica. O tipo de solvente, o plastificante e a taxa de secagem também influenciam o coeficiente de permeabilidade (MCHUGH *et al.*, 1994).

O Brasil é um grande produtor e consumidor de goiaba, uma fruta tropical climatérica, de amadurecimento rápido e que apresenta uma vida útil relativamente curta, constituindo um sistema potencial para a aplicação de filmes ou coberturas comestíveis que possam estender seu período de consumo. A utilização de coberturas sensorialmente adequadas permite ainda o consumo direto do sistema fruta/cobertura, fazendo que o custo da embalagem final seja reduzido.

Os materiais mais utilizados para a elaboração de filmes e coberturas comestíveis são misturas de lipídeos, proteínas, carboidratos, plastificantes, surfactantes, aditivos e solventes, como água e álcool. Os filmes e coberturas podem ser simples, compostos ou ainda serem formados por camadas. Os filmes compostos de proteínas e lipídeos apresentam a vantagem de reunir os pontos

positivos de cada um, já que filmes hidrofóbicos apresentam boa barreira ao vapor de água e filmes hidrofílicos apresentam boa barreira a gases, além de propiciar boas propriedades mecânicas (AMARANTE, BANKS, 2001).

O presente trabalho contém um capítulo 1 de revisão bibliográfica geral, um capítulo 2, contendo a elaboração e caracterização de filmes comestíveis à base de gelatina, triacetina e ácidos graxos (ácidos esteárico, láurico e palmítico), incluindo as propriedades de barreira ao vapor de água e ao oxigênio, propriedades mecânicas, solubilidade em água e morfologia avaliada por microscopia eletrônica de varredura. No capítulo subsequente, foi avaliada a utilização das melhores formulações filmogênicas estudadas, como coberturas em goiabas brancas da variedade Kumagai, durante vinte dias de estocagem refrigerada, através da evolução de parâmetros físico-químicos (cor, dureza, perda de massa, sólidos solúveis e totais, açúcares redutores e totais, acidez total titulável e pH) e através da avaliação sensorial. A avaliação sensorial foi realizada em duas etapas. Na primeira considerou-se a evolução da cor, brilho, aparência global e intenção de compra, na mesma periodicidade utilizada para os parâmetros físico-químicos. Na segunda, foi feita a degustação das amostras, avaliando-se sabor, textura, aroma e intenção de compra, após nove dias de estocagem refrigerada. No capítulo 4, estão apresentados os resultados complementares da análise sensorial, o acompanhamento visual das amostras e as distribuições das notas atribuídas pelos provadores. Finalizando o trabalho, estão apresentadas as conclusões gerais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, C., BANKS, N. H. Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. **Horticultural Reviews**, **26**: 161-283, 2001.
- CHITARRA, M. I. F., CHITARRA, A.B. **Pós-Colheita de frutos e hortaliças. Fisiologia e manuseio**. 1ª Ed., Lavras, 1990, 320 p.
- DEBEAUFORT, F. , QUEZADA-GALLO, J. A. , VOILLEY, A. Edible films and coatings: Tomorrow's Packagings: A Review. **Critical Reviews in Food Science**, **38**: 299-313, 1998.
- CISNEROS-ZEVALLOS, L., KROCHTA, J. M. Internal Modified atmospheres of coated fresh fruits and vegetables: understanding relative humidity effects. **Journal of Food Science**, **67**: 1990-1995, 2002.
- McHUGH T. H, KROCHTA, J. M. Permeability properties of edible films. In: KROCHTA, J. M., BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M. (eds). **Edible coatings and films to improve food quality**. Technomic Publishing Co, Inc. Lancaster USA, 1994.

Capítulo 1. Revisão Bibliográfica

1. FILMES E COBERTURAS COMESTÍVEIS

Cobertura comestível pode ser definida como uma camada de material comestível formada ao redor do alimento ou colocada entre os componentes do mesmo (KROCHTA, MULDER-JOHNSTON, 1997). A diferença entre filmes e coberturas comestíveis, segundo KROCHTA *et al.* (1994), é que o filme comestível é formado antes da sua aplicação no produto, enquanto que a formação da cobertura ocorre durante a aplicação sobre o mesmo. Esse tipo de tecnologia é utilizado para inibir a migração da umidade, oxigênio, dióxido de carbono, aromas, lipídeos, podendo também introduzir aditivos ao alimento, tais como: antioxidantes, agentes antimicrobianos e aromas, melhorando a integridade mecânica ou as características de manuseio de um produto alimentício (KROCHTA, JOHNSTON, 1997).

A aplicação de filmes e coberturas comestíveis para prolongar a estocagem de alimentos não é recente. Cobertura de limões e laranjas frescas com ceras para retardar a perda de água era praticado na China no século XII e XIII (HARDENBURG, 1967). Esses filmes, embora diminuíssem consideravelmente a perda de água, também inibiam a troca de gases durante a respiração da fruta, o que ocasionava a fermentação da mesma. Na Inglaterra, no século XVI, alimentos eram envolvidos em gordura, uma prática chamada "larding", para reduzir a perda de umidade de um produto (LABUZA, CONTRERAS MEDELLIN, 1981).

Por volta de 1930, cera de parafina tornou-se disponível comercialmente como cobertura de frutas cítricas para evitar perda de umidade. Em meados de

1950 a cera de carnaúba em emulsão, óleo e água, foi utilizada como cobertura de vegetais e frutas frescas (KAPLAN, 1986).

Poliésteres de sacarose (SPE) têm sido aplicados, desde 1980, como coberturas em frutas frescas tais como maçãs, pêras e bananas, com o objetivo de estender sua vida útil (PARK *et al.*, 1994).

Existem registros da utilização de ceras e gelatinas já em 1800 (GUILBERT, 1986). A utilização de filmes de gelatina para preservação de carnes e outros gêneros alimentícios foi proposta por HARVARD e HAHMONY (1869) e por MORRIS e PARKER (1895). Nas últimas duas décadas, muitos trabalhos foram apresentados na literatura científica na forma de patentes, utilizando filmes e coberturas comestíveis para aumentar a vida de prateleira e melhorar a qualidade de alimentos frescos, congelados e processados. Uma variedade de polissacarídeos, proteínas e lipídeos foram utilizados de forma singular ou combinados para produzir filmes compostos (KESTER e FENNEMA, 1986).

Muitas reações químicas e enzimáticas deteriorativas, tais como oxidação lipídica, escurecimento por reações de Maillard e escurecimento enzimático, são diretamente influenciadas pela umidade e atividade de água do alimento, as quais promovem mudanças no odor, cor, textura e no valor nutritivo dos mesmos. Desta forma, para maximizar o tempo de estocagem de muitos alimentos torna-se necessário retardar a migração da umidade (KESTER, FENNEMA, 1989a).

A migração de umidade de um alimento pode acontecer internamente ou entre o alimento e a atmosfera circunvizinha. Em ambas as circunstâncias, o mecanismo primário para transporte de umidade é por difusão da fase vapor, dirigida por um gradiente do potencial químico da água, em localizações diferentes. Umidade também pode migrar através de outros mecanismos, como a difusão líquida, dirigida por um gradiente de concentração de água, o movimento líquido causado por forças capilares e a difusão de superfície da água adsorvida em interfaces sólidas (KESTER & FENNEMA, 1989a). Coberturas para frutas e

vegetais são utilizadas, principalmente, para prevenir perdas de água, além de realçarem o brilho (CISNEROS-ZEVALLOS, KROCHTA, 2002).

A permeabilidade a gases como oxigênio e gás carbônico pode influenciar de forma significativa na estabilidade de alimentos durante o armazenamento. Um modo primário de deterioração devido à permeabilidade ao oxigênio que ocorre em muitos produtos alimentícios, envolve a oxidação de lipídeos, vitaminas, compostos de sabor e pigmentos (KESTER e FENNEMA, 1989a).

Filmes ou coberturas comestíveis baseados em proteínas, polissacarídeos ou lipídeos, além de aumentarem a qualidade dos alimentos, minimizam cuidados especiais com a embalagem final (CHEN, 1995). O fato de as coberturas comestíveis se comportarem como barreira, permite que as embalagens finais possam ser reduzidas, tanto em quantidade como complexidade, contribuindo de forma benéfica para o meio ambiente.

Para a elaboração de filmes, são necessários alguns componentes com finalidade específica, sendo os principais um biopolímero capaz de formar o filme e um plastificante (CUQ *et al.*, 1997). Segundo GUILBERT (1986), pelo menos um dos constituintes de filmes comestíveis deve ser uma macromolécula capaz de formar uma matriz contínua e de alta coesão. CUQ *et al.*, (1995), observou que a produção de filmes se dá a partir de uma solução filmogênica, em duas etapas, a primeira envolvendo a solubilização da macromolécula em um solvente onde podem ser incorporados os aditivos desejados, e a segunda, envolvendo o espalhamento da solução filmogênica em um suporte para posterior secagem.

As macromoléculas mais utilizadas são as proteínas (colágeno, glúten, zeína) e os polissacarídeos (alginato, pectina, amido, celulose) (KESTER, FENNEMA, 1986). Uma combinação desses materiais também pode ser utilizada (DONHOWE, FENNEMA, 1992). Filmes obtidos desses dois grupos de polímeros, apesar de apresentarem boas propriedades mecânicas e se constituírem em boa barreira ao vapor de gases (O_2 e CO_2), possuem baixa resistência à permeabilidade ao vapor de água, pois são altamente solúveis. Um recurso para

melhorar essa permeabilidade ao vapor de água é a adição de lipídeos a esses polímeros (KESTER, FENENEMA, 1896), uma combinação desejável, já que filmes baseados em lipídeos possuem boas propriedades de barreira ao vapor de água, mas propriedades mecânicas indesejáveis (PARK *et al.*, 1994).

O plastificante é definido, segundo McHUGH, KROCHTA, (1997), como uma substância de alto ponto de fusão, que quando adicionada a outro material provoca certas mudanças nas suas propriedades físicas, químicas e mecânicas. Os plastificantes provocam um aumento da flexibilidade e da resistência mecânica, diminuindo possíveis descontinuidades e zonas quebradiças (KROCHTA *et al.*, 1994), além de melhorar a adesividade do filme (LIN, 2000). O aumento da flexibilidade e da extensibilidade do filme ocorre, segundo CUQ *et al.*, (1997) com a incorporação de plastificante a biopolímeros, o que modifica a organização tridimensional da rede, diminuindo as forças de atração intermolecular e aumentando o volume livre do sistema, tornando-a menos densa com o decréscimo da forças de atração. Segundo GUILBERT, (1986), o tipo de plastificante, além de influenciar as características mecânicas dos filmes, também interfere nas propriedades de barreira do mesmo.

A escolha do plastificante a ser adicionado aos filmes comestíveis deve ser feita de acordo com a compatibilidade deste com o polímero e o solvente utilizados. Esse plastificante deve ser miscível às macromoléculas para que não haja a separação durante a secagem do filme (GUILBERT, 1986) e, se possível, solúvel no solvente utilizado (MAHMMOUND, SAVELO, 1992). Além disso, o plastificante não pode ser volátil. Existem vários plastificantes sendo utilizados na elaboração de filmes e coberturas comestíveis, entre eles a triacetina (LIN, 2000), o sorbitol (CARVALHO, 1997; SARMENTO, 1999; SOBRAL, 1999) e o glicerol (GONTARD *et al.*, 1994, LE TIEN *et al.*, 2000). Polióis (glicerol, sorbitol, derivados de glicerina, entre outros), monossacarídeos (principalmente a frutose), dissacarídeos, lipídeos e derivados (ácidos graxos, monoglicerídeos, derivados de éster, entre outros), são exemplos de plastificantes. A escolha do plastificante,

bem como a sua concentração (em relação à base seca da macromolécula), é complexa e interfere diretamente nas características do filme a ser obtido.

Para a elaboração de filmes e coberturas comestíveis são utilizados, além do plastificante e dos polímeros, solventes e um agente ajustador de pH, quando necessário. O ajuste de pH, no caso das proteínas, faz-se necessário para controlar a solubilidade da macromolécula. Segundo CHEFTEL *et al.*, (1989), deve-se trabalhar com valores de pH acima ou abaixo do ponto isoelétrico, para que a proteína tenha cargas positivas ou negativas, o que favorece a sua interação com a água e aumenta a sua solubilidade. Alguns ajustadores de pH encontrados na literatura são: ácido acético glacial (SARMENTO, 1999; CARVALHO, 1997, LEAVER *et al*, 1999) e hidróxido de sódio (CARVALHO, 1997, LEAVER *et al*, 1999), entre outros.

Os solventes mais utilizados na elaboração de filmes comestíveis são: água, etanol ou a combinação de ambos (KESTER, FENNEMA, 1986). Segundo SGARBIERI, (1996), um aspecto determinante na elaboração de filmes é a solubilidade de proteínas e a capacidade das mesmas de interagir com o solvente utilizado, uma vez que a solubilidade total da proteína é necessária para o processo de formação destes filmes. A dispersão da molécula de proteína em água é possível devido ao grande número de resíduos de aminoácidos polares e apolares, que interagem com o solvente. Essas interações podem ser melhoradas em função da constante dielétrica do solvente, uma vez que essa constante é inversamente proporcional à força de atração intermolecular.

2. MATERIAIS DE COBERTURA

Os materiais de cobertura podem ser divididos em: hidrocolóides, lipídeos e compostos formados por ambos.

2.1 Hidrocolóides

Os principais materiais de cobertura são formados à base de proteínas, derivados de celulose, alginatos, pectinas, amido e outros polissacarídeos. Esses materiais podem ser utilizados em aplicações onde o objetivo principal é controlar a permeabilidade ao oxigênio, dióxido de carbono e migração lipídica em um sistema alimentício. A solubilidade de filmes polissacarídicos é vantajosa em situações em que o filme é consumido com o produto, provocando poucas alterações nas propriedades sensoriais do alimento. A baixa resistência à permeabilidade ao vapor de água de coberturas hidrocolóides pode estar relacionada à natureza hidrofílica desses materiais (DONHOWE, FENNEMA, 1994).

2.1.1 Gelatina

A gelatina é uma proteína de origem animal, derivada do colágeno e apresenta a propriedade de formar géis termo-reversíveis após ser aquecida, solubilizada e resfriada. O mecanismo de formação envolve interligações iônicas entre grupos amino e carboxil dos aminoácidos com a ajuda de pontes de hidrogênio (KESTER, FENNEMA, 1986). O colágeno é caracterizado por um alto conteúdo de glicina, prolina e hidroxiprolina, onde os dois últimos representam de 13% a 15% dos aminoácidos totais. A hidroxiprolina é praticamente específica para o colágeno (VEIS, 1964).

Entre os hidrocolóides disponíveis, a gelatina é a mais utilizada na indústria alimentícia e farmacêutica, sendo produzida em grande escala e a preços baixos. A gelatina é utilizada como espessante, estabilizante, formador de filme, protetor coloidal, emulsificante, agente espumante / aerador e clarificante de bebidas. Devido à sua baixa temperatura de liquefação, normalmente é utilizada em produtos conservados em ambientes refrigerados (JHONSTON-BANKS, 1990). As características de barreira de umidade de filmes feitos com gelatina desidratada podem ser melhoradas através das interligações dessas proteínas com ácido láctico ou tânico (KESTER, FENNEMA, 1986).

A gelatina difere de outros hidrocolóides por ser uma proteína totalmente digerível, contendo quase todos os aminoácidos essenciais, com exceção do triptofano. É ainda o principal componente estrutural de tecidos conectivos brancos e está presente em órgãos e tecidos. Constitui quase 30% da proteína total em vertebrados e invertebrados e, no microscópio, aparece como fibras brancas opacas, circundadas por outras proteínas e mucopolissacarídeos (POPPE, 1987).

As proteínas, segundo ARVANITOYANNIS *et al.*, (1998), formam bons filmes e podem ser utilizadas em coberturas de frutas e hortaliças frescas. O filme protéico mais utilizado é o colágeno, normalmente empregado como cobertura de carnes processadas. A conversão do colágeno em gelatina é a transformação essencial que ocorre na fabricação da mesma e envolve a hidrólise catalisada por ácido ou base (VEIS, 1964; POPPE, 1997).

Quase que somente o couro, ossos e pele de porco são utilizados como matéria-prima na fabricação de gelatina. Gelatinas comerciais podem ser divididas em dois grupos: gelatina do tipo A, obtida por pré-tratamento ácido, possuindo ponto isoelétrico entre 7,0 e 9,0, e gelatina do tipo B, obtida por pré-tratamento básico, com ponto isoelétrico situado entre 4,6 e 5,2 (GENNADIOS *et al.*, 1994). A grande variedade de tipos de gelatina existentes deve-se à complexidade do colágeno e à variedade de tratamentos químicos e enzimáticos que podem ser utilizados para a sua obtenção.

A gelatina é amplamente utilizada no mercado nacional pela facilidade de obtenção e baixo custo. CARVALHO, (1997), elaborou filmes de gelatina Tipo B, e obteve com eles boas propriedades funcionais. SARMENTO, 1999, desenvolveu filmes a partir de gelatina reticulada, observando que a reticulação química tornou os filmes de gelatina mais flexíveis e menos solúveis com o aumento da concentração de glutaraldeído. SOBRAL, (1999), estudou as propriedades funcionais de gelatina em função da espessura, concluindo que a força na ruptura, a permeabilidade ao vapor de água e a cor dos filmes são influenciados linearmente pelo aumento da espessura.

A gelatina diferencia-se das outras proteínas por não possuir uma ordem interna apreciável. Assim sendo, as cadeias polipeptídicas apresentam configurações aleatórias em soluções aquosas com temperatura elevada (VEIS, 1964). A gelatina é proveniente de degradação não homogênea de estruturas longas, resultando numa variedade de espécies peptídicas heterogêneas em relação ao seu peso molecular. Este pode variar, segundo KROCHTA *et al.*, (1994) de 300 a 200.000 Da.

A gelatina é insolúvel em água fria, porém, possui uma característica particular de inchamento, podendo absorver até dez vezes seu peso em água (PRIEBBENOW, 1991). Essa característica depende do tamanho da partícula, mais precisamente da sua área superficial por unidade de peso e segundo JONSTON-BANKS, (1990) é influenciada pela temperatura e concentração de sais e açúcares presentes. A gelatina pode ser apresentada em diversas granulometrias, variando desde um pó fino até grãos grossos. Para cada produto a ser fabricado, existe a melhor opção de granulometria.

A gelatina pode ser dissolvida diretamente, com a adição de água quente (60-80° C) sob forte agitação ou indiretamente, quando as partículas da mesma ficam em repouso até formar uma massa homogênea, sendo então levada ao aquecimento (50-60° C) até a sua dissolução completa. O método direto, devido a agitação, pode fazer com que a gelatina espume (JONSTON-BANKS, 1990), o que se torna inconveniente na elaboração de filmes comestíveis.

A gelatina é classificada e comercializada de acordo com sua força de geleificação, o "Bloom", determinada através de uma metodologia padronizada internacionalmente (LOPES, 1976). O "Bloom" e a viscosidade são as principais características reológicas da gelatina e geralmente são resultantes do tipo do processo de fabricação. As propriedades visco-elásticas estão relacionadas com a composição de aminoácidos, massa molecular média e com o grau de polimerização da cadeia (JONSTON-BANKS, 1990).

2.2 Lipídeos

São substâncias que fornecem ácidos carboxílicos superiores (graxos) por hidrólise em um grupo geral. Os lipídeos são caracterizados por uma série de propriedades comuns e apresentam as seguintes características: são brancos ou levemente amarelados, untosos ao tato, pouco consistentes (alguns são líquidos), menos densos que a água, insolúveis em água, porém emulsionáveis nela, pouco solúveis em álcool a frio, sensivelmente solúveis a quente, solúveis em sulfeto de carbono, clorofórmio, éter, acetona, benzeno e outros solventes orgânicos, além de destiláveis por aquecimento e a baixa pressão, podendo se decompor por aquecimento.

Os lipídeos podem ser classificados em: gorduras, glicerídeos (ésteres de glicerina) cujos principais ácidos são: palmítico, esteárico e oléico (em menor proporção); óleos, glicerídeos onde predominam ácidos superiores insaturados (ácido oléico nos óleos comestíveis e recinólico, linolênico e outros nos óleos secativos); fosfatídeos ou fosfolipídeos, ésteres originados da condensação da galactose com ácidos graxos e amino-álcoois e ceras, ésteres de ácidos superiores, com alcóois também superiores.

Devido à alta hidrofobicidade, os lipídeos têm geralmente como função primária bloquear o transporte de umidade, além de reduzir a abrasão na superfície do alimento durante o manuseio e transporte (KESTER, FENNEMA, 1986). Filmes preparados com goma-laca e outras resinas polares apresentam menor permeabilidade a gases como oxigênio, dióxido de carbono e etileno se comparado a filmes preparados com ceras. Geralmente, coberturas com grupos polares possuem menor permeabilidade a oxigênio (HAGENMANER, SHAW, 1992).

Os lipídeos possuem também a característica de serem plastificantes e esse efeito pode ser estendido adicionando-se componentes de diferentes pontos de fusão (FENNEMA, 1995).

2.2.1 Ácidos Graxos

Todos os ácidos monocarboxílicos alifáticos são denominados ácidos graxos e praticamente todos os ácidos encontrados na natureza possuem alta massa molecular e cadeia linear, podendo ser saturados ou insaturados. O ácido esteárico ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{16}\text{COOH}$) e o ácido palmítico ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_{14}\text{COOH}$) são ácidos monocarboxílicos superiores obtidos a partir da hidrólise de óleos e gorduras e da biossíntese do ácido acético. As fontes, segundo BOBBIO, BOBBIO, (1992), são: óleo de semente de soja e algodão, oliva, abacate, amendoim, milho e manteiga de cacau, para o ácido palmítico e gordura animal, plantas tropicais para o ácido esteárico. O ácido láurico ($\text{CH}_3(\text{CH}_2)_6\text{COOH}$) tem como fontes o óleo de semente de *Lauracea* e a gordura do leite.

Os ácidos láurico, palmítico e esteárico apresentam ponto de fusão de 44°C, 63°C e 69.3°C respectivamente (BOBBIO, BOBBIO, 1992, MORRISON, BOYD, 1983) e são insolúveis em água (CARVALHO, SAFIOTI, 1965). Os pontos de fusão e ebulição dos ácidos são influenciados pelo comprimento da cadeia, presença de ramificações, aumentando conforme aumenta a cadeia, de maneira mais ou menos uniforme.

Segundo WONG *et al.*, (1992), a incorporação de ácidos graxos em filmes comestíveis pode promover uma redução na permeabilidade ao vapor de água dos mesmos. Vários autores pesquisaram os benefícios da adição de ácidos graxos em filmes comestíveis. Os ácidos palmítico e esteárico incorporados à cera promovem uma redução da permeabilidade a vapor d'água e um aumento da flexibilidade, melhorando a estabilidade do filme contra fraturas (KESTER, FENNEMA, 1989 a; HAGENMAIER, BAKER, 1994). Estes ácidos graxos também diminuem o ponto de fusão das ceras, auxiliando na solidificação durante a secagem (GRENNER, FENNEMA, 1989a). A permeabilidade ao vapor de água depende da relação hidrofóbica / hidrofílica proporcionada pelos componentes do filme e da polaridade, grau de insaturação e do grau de ramificação dos lipídeos presentes no filme (GONTARD *et al.*, 1994).

Os lipídeos, quando adicionados em filmes comestíveis, são considerados também plastificantes (FENNEMA,1995). Como são insolúveis em água, interferem na solubilidade e, conseqüentemente, na permeabilidade ao vapor de água dos mesmos.

2.3 Compostos formados por hidrocolóides e lipídeos

Os filmes compostos podem ser formados por uma dupla camada ou somente por uma única camada homogênea e são formulados para combinar as vantagens das substâncias lipídicas com as hidrocoloidais, diminuindo as desvantagens que cada um apresenta separadamente (GREENER, FENNEMA,1989a,1989b).

Existem vários autores realizando pesquisas envolvendo filmes compostos, com a adição de cera de abelha e/ou ácidos graxos, como palmítico, esteárico e láurico em hidrocolóides, entre eles, YANG, PAULSON, (2000); KAMPER, FENNEMA, (1984 a, 1984 b); GARCIA *et al.*, (2000); PEREZ-GAGO, KROCHTA, (2000); GONTARD *et al.*, (1994) e WONG *et al.*, (1992).

GONTARD *et al.*, (1994), estudaram a adição de várias concentrações de lipídeos em filmes comestíveis de glúten, como componentes de barreira a permeabilidade ao vapor de água. Os efeitos desta adição dependeram das características dos lipídeos e das suas interações com a matriz estrutural protéica. WONG *et al.*, (1992), estudaram a adição de ácidos graxos em matriz de quitosana, observando que a redução da permeabilidade ao vapor de água não seguiu o aumento da cadeia, nem a hidrofobicidade dos ácidos. A adição de ácido láurico reduziu a permeabilidade dos filmes em até 49%, comparado ao filme de quitosana simples.

YANG, PAULSON, (2000) estudaram a adição de lipídeos a filmes de goma gelana e concluíram que a adição de dois lipídeos combinados foi mais eficaz na redução da permeabilidade ao vapor de água. Concluíram ainda que a adição de lipídeos causava uma diminuição da resistência mecânica dos filmes de goma

gelana. PARK *et al.*, (1994), observaram que a adição de ácido láurico e da mistura de ácido palmítico e esteárico em matriz de hidroxipropil metil celulose, diminuiu a permeabilidade ao vapor de água, conforme o aumento da cadeia e da concentração dos ácidos graxos.

3. OBTENÇÃO DE FILMES

3.1 Coacervação

A coacervação é a separação de um material de cobertura polimérico a partir de uma solução pelo aquecimento, pela alteração do pH, por adição de solventes ou ainda alterando a carga do polímero envolvido. Pode ser simples ou complexa, depende do número de polímeros envolvidos. Pode também ser classificada, de acordo com o tipo de fase de separação, em aquosa ou não aquosa (BANKAN, 1973).

3.2 Remoção do solvente

O polímero é dissolvido em solvente adequado, sendo o solvente removido por evaporação após aplicação (READING, SPRING, 1984).

3.3 Solidificação após fusão

Técnica comumente utilizada para filmes lipídicos. A faixa de temperatura utilizada no resfriamento dos filmes fundidos desempenha um papel importante para as propriedades físicas do filme obtido, principalmente no estado morfológico e no grau de recristalização do filme (KESTER, FENNEMA, 1989b).

4. TÉCNICAS DE RECOBRIMENTO

4.1 Imersão direta

Técnica geralmente utilizada para recobrir superfícies irregulares. Após a imersão, o excesso do material de cobertura é removido do produto e este é

colocado para secar ou solidificar. Esse método é utilizado para monoglicerídeos acetilados aplicados em peixes, carnes e aves e também é utilizado para aplicação de ceras como cobertura em frutas e vegetais. O tempo de imersão não é tão importante, mas o recobrimento total é imprescindível para se obter boas propriedades de barreira (NEWHALL, VAN DOREN, 1956).

4.2 Pulverização

Filmes pulverizados podem ser formados com uma camada mais fina e uniforme do que pela técnica de imersão. Essa técnica é mais utilizada quando somente um lado do material é recoberto pelo filme (HALL, 1981).

4.3 Moldagem

Essa técnica é obtida através de métodos desenvolvidos para filmes não comestíveis e utilizada para formar filmes estáveis que podem ser removidos do molde ou suporte onde foram aplicados. A espessura desse tipo de filme pode ser corretamente controlada quando aplicada em superfícies planas. A moldagem para espessuras controladas pode ser obtida por espalhamento ou por deposição. A primeira requer um aplicador com um reservatório para o produto e uma válvula para controle da espessura, permitindo assim um bom controle e reprodutibilidade da espessura do filme. A segunda é pelo arraste sobre a superfície receptora da solução formadora do filme em um molde (DONHOWE, FENNEMA, 1994).

Vale ressaltar que a cobertura líquida pode ainda ser aplicada com um pincel, com rolos e em painéis apropriadas para formar coberturas homogêneas.

5. CARACTERIZAÇÃO DE FILMES

5.1 Espessura

A espessura dos filmes deve ser a mais homogênea possível para evitar problemas mecânicos e de conservação. Ela deve ser estabelecida levando -se em conta a utilização final do filme, que vai depender do alimento a ser embalado

(SARMENTO, 1999). Segundo SOBRAL, (1999), quando se controla a espessura, deve-se levar em consideração a formulação do biofilme. Para GENNADIOS *et al.*, (1993), para manter a uniformidade dos filmes, assim como garantir a repetibilidade das medidas das propriedades dos mesmos, bem como a comparação entre biofilmes, é necessário o controle da espessura.

5.2 Propriedades de barreira

A permeabilidade, segundo MCHUGH, KROCHTA, (1994), é um processo no qual o vapor se dissolve de um lado do filme e se difunde até o outro lado. Essa difusão é diferente da difusão capilar, que ocorre em membranas porosas ou com alguma imperfeição (SARMENTO, 1999). Para a determinação da permeabilidade deve-se estabelecer condições específicas de temperatura, umidade relativa, espessura e diferença de pressão parcial. CARVALHO, (1997), observou que a espessura e a temperatura exercem grande influência na permeabilidade ao vapor de água de filmes de gelatina. As principais propriedades de barreira relacionadas a filmes e coberturas biodegradáveis são: a permeabilidade ao vapor de água, a gases (principalmente ao oxigênio e ao dióxido de carbono) e solutos. Filmes protéicos apresentam, em geral, uma pobre barreira ao vapor de água (GENNADIOS, 1994). Essa característica pode ser melhorada com a incorporação de substâncias hidrofóbicas a esses filmes (CHEN, 1995), ou ainda com a utilização de modificações químicas e uso de aditivos (GONTARD *et al.*, 1992).

O oxigênio, segundo SOTHORNVIT, KROCHTA, (2000), causa deterioração em alimentos, modificando suas características sensoriais e nutricionais. Filmes protéicos normalmente apresentam baixa permeabilidade a gases (GENNADIOS *et al.*, 1994) e, quando ricos em pontes de hidrogênio e mantidos em condições de umidade relativa baixa ou média, tornam-se barreiras eficazes ao oxigênio (KROCHTA, 1997). O controle da permeação de gases pode ser considerado como um processo de criação de uma atmosfera modificada, e pode ser obtida de duas formas: de forma passiva, definida pelo próprio produto, ou intencionalmente, de forma ativa, com a adição de gases. A atmosfera

modificada passiva é resultante da atmosfera que é criada passivamente dentro da embalagem através da própria respiração do produto, traduzida pelo consumo de oxigênio e liberação de dióxido de carbono. Desta forma, para se alcançar uma atmosfera satisfatória dentro da embalagem, é preciso que a permeabilidade do filme permita a entrada de oxigênio e, da mesma forma, a eliminação de CO₂ produzido pelo produto (CHITARRA, PRADO, 2000). Deve-se ter cuidado para que esse controle de gases seja benéfico ao produto, já que, em frutas, quando muito rigoroso, pode provocar desordens fisiológicas, principalmente aquelas provenientes da deficiência de O₂ e excesso de CO₂, provocando também o aparecimento de sabor desagradável. Quando o controle de O₂ é feito de maneira correta, os principais benefícios são o retardamento dos processos ligados ao amadurecimento bem como do início da senescência (CHITARRA, CHITARRA, 1990). A modificação da atmosfera interna de frutas e hortaliças, obtida a partir de cobertura, depende da permeabilidade do filme, da sua espessura e da cobertura da superfície da fruta (CISNEROS – ZEVALLOS, KROCHTA, 2002).

O controle da permeabilidade ao vapor de água, oxigênio e dióxido de carbono influencia diretamente a estabilidade do alimento durante a sua estocagem. Segundo KESTER, FENNEMA, (1986), os filmes e coberturas biodegradáveis apresentam-se como boas ferramentas no controle da perda de umidade e na diminuição da respiração aeróbica durante a estocagem de frutas frescas e hortaliças.

5.3 Propriedades mecânicas

As principais propriedades mecânicas dos filmes são a resistência à tração, que expressa a tensão máxima desenvolvida pelo filme durante um teste de tensão, e a elongação, que é a capacidade do filme em esticar. Para os filmes, segundo GONTARD *et al.*, (1994), uma alta resistência à tensão é requerida, enquanto que o valor da elongação depende do tipo de aplicação do filme, já que para manter a sua integridade e propriedades de barreira, um filme deve tolerar a tensão normal encontrada durante a sua aplicação, além do transporte e manuseio.

5.4 Solubilidade em água

Segundo GONTARD *et al.*, 1992, a solubilidade em água é uma importante propriedade dos filmes comestíveis, tanto nas suas aplicações, como na proteção dos alimentos onde atividade de água é alta, ou ainda quando o filme entra em contato com a água durante o processamento do alimento embalado. A solubilidade, além disso, também influencia a propriedade de barreira ao vapor de água dos filmes. Para se obter uma baixa permeabilidade ao vapor de água (dentro de uma grande faixa de umidade relativa), torna-se necessário a utilização de material insolúvel ou pouco solúvel em água.

6. ASPECTOS FISIOLÓGICOS NO DESENVOLVIMENTO DE FRUTOS

6.1 Maturação

A boa qualidade de frutas e hortaliças é determinada a partir da colheita em um estágio apropriado de maturação e esta ocorre quando o desenvolvimento completo do fruto é atingido, independentemente da planta-mãe. A maturação é uma etapa intermediária entre o final do desenvolvimento e o início da senescência, podendo ser retardado com o uso de meios adequados, sendo definida como a seqüência de mudanças na cor, sabor e textura, que tornam o fruto apropriado para o consumo *in natura* e/ou para industrialização (CHITARRA, CHITARRA, 1990).

No caso de o produto climatérico ser transportado para mercados distantes ou estocado para aguardar melhor preço, pode ser escolhido um estágio de maturação mais precoce. Nesse estágio nenhuma mudança predominante na dureza ou cor são evidentes e muitas vezes o ponto de colheita se torna arbitrário e subjetivo. Alguns critérios para avaliar a maturidade foram propostos por PANTASTICO *et al.* (1975):

- Algumas medidas visuais: Cor da casca, tamanho, presença de folhas externas secas e maduras, secagem do corpo da planta e comprimento da fruta;
- Medidas físicas: Facilidade de separação do abscesso e dureza ou gravidade específica;
- Análises químicas: Sólidos, ácidos, razão sólido-ácido e conteúdo de amido;
- Acompanhamento dos dias de florescência em relação à data de florescência e unidades de calor;
- Método fisiológico: respiração.

6.2 Amadurecimento

No amadurecimento, a fruta completamente madura torna-se mais palatável, o sabor característico se desenvolve, juntamente com um aumento da doçura e da acidez (CHITARRA, CHITARRA, 1990). A fruta sofre uma série de transformações evidentes na cor, textura e sabor durante o amadurecimento, favorecendo o seu consumo.

Mudanças na coloração das frutas com a maturação são decorrentes tanto de processos degradativos, quanto sintéticos. A clorofila decresce nos cloroplastos, enquanto as antocianinas e carotenóides se desenvolvem (CHITARRA, CHITARRA, 1990). A mudança de coloração da fruta é uma importante indicação do amadurecimento, sendo normalmente verde antes do amadurecimento, passando por uma grande faixa de colorações após matura (HARIS, SPURR, 1969). As mudanças de coloração são correlacionadas pelo consumidor com o aumento da doçura e de outros atributos desejáveis (CHITARRA, CHITARRA, 1990).

Uma das mais importantes indicações do amadurecimento de frutas é o amolecimento do tecido vegetal, provocado pelas mudanças na espessura da parede celular, permeabilidade do plasmalema e quantidade de espaços

intercelulares (SACHER, 1967). O amolecimento da fruta ocorre quando a protopectina insolúvel transforma-se em pectina solúvel ou pela hidrólise do amido ou gordura.

A mudança de sabor ocorre em função do aumento de açúcares simples, proporcionando maior doçura à fruta, a diminuição de ácidos orgânicos e fenólicos, minimizando a adstringência e aumentando a proporção de compostos voláteis que fornecem sabor característico à fruta. O aumento do teor de açúcares durante o amadurecimento das frutas ocorre através de processos de biossíntese ou pela degradação de polissacarídeos (CHITARRA, CHITARRA, 1990).

Além da mudança de cor e textura, as alterações mais expressivas que ocorrem no amadurecimento são: mudança na composição de carboidratos, ácidos orgânicos e proteínas, produção de aromas voláteis, entre outros.

6.3 Respiração

Após a colheita, a respiração, torna-se o principal processo fisiológico que ocorre nas frutas, já que estas, adquirem vida independente e utilizam suas próprias reservas de substratos que foram acumulados durante o crescimento e maturação (CHITARRA, CHITARRA, 1990).

As mudanças químicas que ocorrem na pós-colheita de frutas são direta ou indiretamente relacionadas com atividades oxidativas e fermentativas, denominadas oxidação biológica. A respiração é influenciada (pelo menos em parte) pela composição da fruta plenamente formada e pelas alterações químicas que ocorrem durante a fase de maturação. Seu controle passa a ser condição essencial para obtenção de condições adequadas para o armazenamento de produtos perecíveis (CHITARRA, CHITARRA, 1990).

A oxidação bioquímica está intimamente ligada à mudança de qualidade, desordens fisiológicas, tempo de estocagem, maturidade, manuseio e muitos tratamentos pós-colheita, devido à grande importância da ação da respiração. Existem três fases de respiração: quebra de polissacarídeos em açúcares simples,

oxidação de açúcares em ácido pirúvico e transformações do piruvato e outros ácidos orgânicos em CO₂, água e energia (PHAN *et al.*, 1973).

A taxa de respiração é um bom índice da longevidade da fruta pós-colheita. Intensidade respiratória é considerada uma medida da faixa na qual o metabolismo está se processando e muitas vezes é considerado um indicador do potencial de estocagem da fruta. Uma alta taxa de respiração é associado ao curto tempo de estocagem, podendo indicar também que a fruta está perdendo a qualidade e o valor nutritivo. Variações na faixa de respiração ocorrem durante o desenvolvimento da fruta. Naturalmente, como a fruta aumenta de tamanho, a quantidade de CO₂ emitida pela fruta aumenta também. Como a fruta torna-se volumosa, a faixa de respiração é calculada com base em unidade de peso, decrescendo continuamente. Para frutas não-climatéricas, a faixa é mínima na maturidade e permanece constante após colheita (PHAN *et al.*, 1973)

6.4 Padrões de atividade respiratória

Pelo acompanhamento da atividade respiratória após a formação da fruta e através de seus estágios de divisão celular, crescimento e maturação, observa-se um decréscimo da taxa de respiração, porém, no final da maturação há um aumento marcante na evolução de CO₂, que inicialmente foi observado em maçãs por KIDD, WEST, 1925 e denominado subida “climatérica” (CHITARRA, CHITARRA, 1990). Climatério é definido como a quantidade máxima de CO₂ liberado ou O₂ consumido pela fruta e é influenciada pelos seguintes fatores:

Fatores físicos - Estão relacionados principalmente à permeabilidade da casca da fruta a gases. A fruta jovem tem a epiderme coberta com uma camada na qual o principal componente é a cera. Como nas frutas maduras a cutícula torna-se mais espessa com ceras líquidas e óleos, a permeabilidade vai diminuindo com o envelhecimento da fruta.

Fatores bioquímicos – Muitas teorias de climatério são auxiliadas pelo conceito bioquímico. De acordo com BIALE (1950), o CO₂ produzido é causado pela reação de oxidação e fosforilação.

Embora certas condições externas e internas associadas ao amadurecimento de espécies e variedades possam ser diferentes, as maiores transformações no metabolismo, quando as frutas iniciam o período de amadurecimento, são basicamente semelhantes (BIALE, 1950).

7. GOIABA

A goiabeira pertence ao gênero *Psidium* L., da família *Myrtaceae*, compreendendo mais de 100 espécies de árvores e arbustos dos quais muitos produzem frutas comestíveis. Dentre essas variedades a *Psidium guajava* L. é uma das poucas que apresentam interesse comercial como fruteiras (MEDINA, 1978). O Brasil é considerado um dos principais produtores mundiais de goiaba, produzindo cerca de 300000 ton. em 2000, sendo as regiões sudeste e nordeste as maiores produtoras da fruta, com destaque para os estados de São Paulo e Pernambuco (IBGE – 2001). Em São Paulo, a variedade mais cultivada é a *Kumagai* (PIZA JR, KAVATI, 1994).

A goiaba possui tamanho, forma, coloração e sabor variáveis, apresentando tamanhos que podem ser classificados em: pequenos, com menos de 60 g., médios, variando de 60 – 100 g. e grandes, variando de 100 – 200 g. A coloração da casca varia entre verde – amarela, amarelo – claro e amarelo – avermelhada, e sua polpa também apresenta diversas cores, variando de branco, creme, amarelo, amarelo-ouro, vermelho forte e rosado (PEREIRA, MARTINEZ-JUNIOR, 1986 em CARVALHO, 1999). Embora existam divergências sobre o padrão fisiológico de amadurecimento apresentado pela goiaba, muitos autores consideram que a mesma é climatérica (CARVALHO, 1999). OLIVEIRA, CEREDA, 1999 constataram que a goiaba é uma fruta climatérica, detectando pico respiratório no 9º dia de armazenamento com valor de 44,98 mgCO₂ /Kgh.

O modelo respiratório para goiaba de variedade vermelha ou branca é dividido em quatro estágios em temperatura controlada de 15°C, sendo:

- Pré-climatérica: Com duração de cinco dias, apresentando as frutas verdes e firmes, com pouco desprendimento de dióxido de carbono;
- Ascensão climatérica: Estendendo-se por três dias, com maior desprendimento de CO₂, continuando as frutas firmes. A cor vai se modificando para amarelo e o aroma torna-se mais suave;
- Pico climatérico: Ocorrendo entre o 8º e o 9º dia após a colheita, tem como característica principal a máxima quantidade de CO₂ desprendida, também havendo mudança de cor para amarelo, o amolecimento da fruta e o desenvolvimento de um aroma forte, característico;
- Pós-climatérico: Ocorre após o 10º até o 14º dia com a redução na emissão de CO₂, com cor amarela que passa a ser ferruginosa, menor consistência dos tecidos e aroma de fruta "passada".

Após esse período, ocorre a senescência da fruta, tornando-a mais susceptível ao ataque de microrganismos e apresentando a morte de tecidos. Nesse mesmo modelo, a uma temperatura de 25°C, ocorre a maturação em um tempo menor com a inexistência da fase pré-climatérica. As deformações mecânicas durante o processo de amadurecimento são crescentes, com o comprimento da deformação variando de 0,9 no início para 6,8 mm na senescência, em testes de compressão. O peso da fruta decresce, após a colheita e durante o período de maturação com um peso médio de 75 g no 1º dia pós-colheita e um peso médio de 60 g no 13º dia pós-colheita (ROCHA, 1976).

Vários estudos de extensão da vida útil durante o armazenamento de goiabas têm sido efetuados, sendo observadas a diminuição nos teores de açúcares totais, redutores e não redutores, o aumento do teor de sólidos solúveis e também a perda de massa por evaporação de água, o que acarreta alterações de cor, sabor e textura (BEN-YEHOSHUA, 1985). No Brasil, a utilização de

embalagens sintéticas protetivas com a intenção de criar uma atmosfera controlada favorável à preservação de goiabas, e a de coberturas comestíveis para controlar seletivamente as trocas gasosas, utilizando hidrocolóides naturais, vem sendo aplicada nos últimos cinco anos (CARVALHO, 1999; OLIVEIRA, CEREDA, 1999; YAMASHITA, BENASSI, 1998, 2000).

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, C., BANKS, N. H. Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. **Horticultural Reviews**, **26**: 161-283, 2001.
- ARVANITOYANNIS, I. S., NAKAYAMA, A., AIBA, S. I. Chitosan and gelatin based edible films: state diagrams, mechanical and permeation properties. **Carbohydrate Polymers**, **37**: 371-382, 1998.
- BAKAN J.A. Microencapsulation of foods and relates products. **Food Technology** **24** (11): 33-34, 1973.
- BEN-YEHOSHUA, S. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film – a new posthasrvest technique. **HortScience**, **20**: 32-37, 1985.
- BIALE J.B. Postharvest physiology and biochemistry of fruits. **Annual Review of Plant Physiol**, (1): 183-206, 1950.
- BOBBIO, F. O., BOBBIO, P. A. **Introdução à química de alimentos**. 2ª ed., São Paulo, Ed. Varela, p 60-64, 1995.
- CARVALHO, H. A. **Utilização de atmosfera modificada na conservação pós colheita da goiaba “Kumagai”**. Lavras, 1999, 115 p. (Doutorado), Escola de Agronomia de Lavras, Universidade Federal de Lavras.
- CARVALHO R.A. Desenvolvimento e caracterização de biofilmes a base de gelatina, Tese de Mestrado, FEA- UNICAMP, 1997.
- CARVALHO G.C. & SAFIOTI, W. **Química Orgânica**, 22ª edição, 1965.
- CHEN, H. Functional properties and applications of edible films made of milk proteins. **Journal of Dairy Science**, **78**: 2563-2583, 1995.

- CHEFTEL, J. C., CUQ, J. L., LORIENT, D. Las racciones químicas e interacciones de los aminoácidos y las proteínas. In: **Proteínas Alimentarias**, Zaragoza, Ed. Acribia, Ch. 3, p 27-36, 1989.
- CHITARRA, M. I. F., CHITARRA, A.B. **Pós-Colheita de frutas e hortaliças. Fisiologia e manuseio**. 1ª Ed., Lavras, 1990, 320 p.
- CHITARRA, A. B. e PRADO, M. E. T. Pós colheita de frutos e hortaliças: manutenção e qualidade. Utilização de atmosfera modificada e controlada em frutos e hortaliças. Lavras: UFLA/FAEPE, 2000.
- CISNEROS-ZEVALLOS, L., KROCHTA, J. M. Internal Modified atmospheres of coated fresh fruits and vegetables: understanding relative humidity effects. **Journal of Food Science**, 67: 1990-1995, 2002.
- CUQ, B., GONTARD, N., GUILBERT, S. Thermoplastic properties of fish myofibrillar proteins: application to biopackaging fabrication. **Polymer**, 38: 4071-4078, 1997.
- CUQ, B., AYMARD, C., CUQ, J. L., GUILBERT, S. Edible packaging films based on fish myofibrillar proteins: formulation and functional properties. **Journal of Food Science**, 60: 1369-1374, 1995.
- DONHOWE, I. G., FENNEMA, O. The effect of relative humidity on water vapor permeance of lipid-hydrocolloid bilayer films. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, 69: 1081-1087, 1992.
- DONHOWE, I. G., FENNEMA, O. Water vapor and oxygen permeability of wax films. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, 70: 867-873, 1993.
- DONHOWE, I. G., FENNEMA, O. Edible films and coatings: characteristics, formation, definitions and testing methods. In: **Edible coating and films to improve food quality**, 1-21. Technomic Pub. Co., Lancaster, PA., 1994.
- FENNEMA O. R. **Food Chemistry**, Marcel Dekker Inc. p.249, 1995.

GARCIA, M. A., MARTINO, M. N., ZARITZKY, N. E. Lipid addition to improve barrier properties of edible starch-based films and coatings. **Journal of Food Science**, **65**: 941-947, 2000.

GENNADIOS, A., McHUGH T. H., WELLER, C. L., KROCHTA, J. M. Edible coatings and films based on proteins. In: KROCHTA, J. M., BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M. (eds). **Edible coatings and films to improve food quality**. Technomic Publishing Co, Inc. Lancaster USA, Chp 9, p 201-277, 1994.

GENNADIOS, A., WELLER, C. L.; TESTIN, R. F. Property modification of edible wheat, gluten-based films. **Transactions of the American Society of Agriculture Engineers**, **36**: 465-470, 1993.

GONTARD, N., DUCHEZ, C., CUQ, J. L., GUILBERT, S. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapor permeability and other physical properties. **International Journal of Food Science and Technology**, **29**: 39-50, 1994.

GONTARD, N., GUILBERT, S., CUQ, J. L. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**, **57**: 190-199, 1992.

GUILBERT, S. Technology and application of edibles films. In: M. Mathlouthi, **Food Packaging and Preservation**, Elsevier Applied Science Publishers, N.Y., 1986, p 371-394.

GREENER I.K., FENNEMA O. Barrier properties and surfaces characteristics of edible, bilayers films. **Journal of Food Science**, **54** (6):1393-1399, 1989a.

GREENER I.K. FENNEMA O. Evaluation of edible, bilayer films for use as moisture barriers for food. **Journal of Food Science**, **54** (6): 1400-1406, 1989b.

HAGENMAIER R.D. & SHAW P.E. Gas permeability of fruit coating waxes. **Journal American Society Horticulture Science**, **117**(1): 105-109, 1992.

HALL D.J. Innovation in citrus waxing- An Overview, **Process Fla State Horticulture Society**, 94:258-263, 1981.

HARDENBURG, R. E. Wax and related coatings for horticultural products. A bibliography. **Agriculture Research Service Bulletin** 51,15, United States Department of Agriculture, Washington, DC, 1997.

HARIS & SPURR Chromoplasts of tomato fruit II. The red tomato. **American Journal Botanic**, 56:380, 1969.

HARVARD, C., HAHMONY, M. X. **Improved process of preserving meat, fowls, fish, etc.** U.S. Patent no. 90.994, 1869.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA, IN: Fruitséries I, Ministério da Integração Nacional, 2001.

JOHNSTON-BANKS, F. A. Gelatin, In: **Food Gels**, Peter Harris, Elsevier Applied Science, Ch 7, pp. 233-289, 1990.

KAMPER, S. L., FENNEMA, O. Water vapor permeability of edible bilayer films. **Journal of Food Science**, 49: 1478-1481, 1485, 1984a.

KAMPER, S. L., FENNEMA, O. Water vapor permeability of an edible, fatty acid bilayer film. **Journal of Food Science**, 49: 1482-1485, 1984b.

KAPLAN, H. J., Washing, waxing and color-adding. In: WARDOWSKI, W. F., NAGY, S., GRIERSON, W. (eds) **Fresh citrus fruit**. AVI Publishing Co, Westport, CT, p. 379-396, 1986.

KESTER, J. J., FENNEMA, O. R. Edible films and coatings: a review. **Food Technology**, 40: 47-59, 1986.

KESTER, J. J., FENNEMA, O. Resistance of lipid films to oxygen transmission. **J. Am. Oil Chem. Soc.** 66: 1129-1138, 1989a.

KESTER, J. J., and FENNEMA, O. Resistance of lipid films to water vapor transmission. **J. Am. Oil Chem. Soc.** **66**:, 1139-1146, 1989b.

KROCHTA, J. M., BALDWIN, E.A., NISPEROS-CARRIERO, M. O. **Edible Coatings and Films to Improve Food Quality**. A Technomic Publishing Co., 1994.

KROCHTA, J. M., De MULDER-JOHNSON, C. M. Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. **Food Technology**, **51**: 61-74, 1997.

KROCHTA, J. M. Edible protein films and coating. In: Food Proteins and their applications. Damodaran, S. and Paraf, A. Eds. , Marcel Dekker, Inc., N.Y., p. 529-549, 1997.

LABUZA, T. P., CONTRERAS-MEDELIN, R. Prediction of protection requirements for foods. **Cereal Foods Worlds**, **26**: 335-343, 1981.

LE TIEN, C., VACHON, C. MATEESCU, M. A. LACROIX, M. Milk protein coating prevent oxidative browning of apples and potatoes. **Journal of Food Science**, **66**: 512-516, 2001.

LEAVER, J., HORNE, D. S. , LAW, A. J. R. Interactions of proteins and surfactants at oil-water interfaces: influence of a variety of physical parameters on the behaviour of milk proteins. **International Dairy Journal**, **9**: 319-322, 1999.

LIN, S. Y., CHEN, K.S., RUN-CHU, L. Organic esters of plasticizers affecting the water absorption adhesive property, glass transition temperature and plasticizer permanence of Eudragit acrylic films. **Journal of Controlled Release**, **68**: 343-350, 2000.

LOPES, R. L. T. **Utilização de tarsos de aves para elaboração de gelatina comestível**. Campinas, 1976, p. 64. Tese de Mestrado, FEA, UNICAMP.

MAHMOUD, R., SAVELLO, P. A. Mechanical properties and water vapor transferability through whey protein films. **Journal of Dairy Science**, 75: 942-946, 1992.

McHUGH T. H, KROCHTA, J. M. Permeability properties of edible films. In: KROCHTA, J. M., BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M. (eds). **Edible coatings and films to improve food quality**. Technomic Publishing Co, Inc. Lancaster USA, 1994.

MCHUGH, T. H., KROCHTA, J. M. Milk-protein-based edible films and coating. **Food Technology**, 51: 98-103, 1997.

MEDINA, J. C. Cultura. In: Série Frutas Tropicais. **Goiaba da cultura ao processamento e comercialização**, Campinas. Ed. Instituto de Tecnologia de Alimentos - ITAL, v. 6, cap 1, p. 5-45, 1978.

MORRIS, A., PARKER, A. J. **Preservative coating for foods**. U.S. Patent, no. MORRISON, R. P., BOYD, R. N. **Química Orgânica**, Fundação Calouste Gulbenkian, 8ª ed., Lisboa, 1983.

NEWHALL, W. F. & GRIERSON, W. A low cost, self-polishing, fungicidal wax for citrus fruit, **Process American Society Horticulture Science**, v. 66, p.146-154, 1956.

OLIVEIRA, M. A., CEREDA, M. P. Efeito da película de mandioca na conservação de goiabas. **Brazilian Journal of Food Technology**, 2: 97-102, 1999

PHAN, C. T. et al., Chloroplasts of the peel and the internal tissues of apple, **Experientia**, v. 29, p.1555, 1973.

PANTASTICO, E. B., SUBRAMANYAM, H., BHATTI, M. B., ALI, N., AKAMINE, E. K. **Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and subtropical fruits and vegetables**, AVI, Publ. Co., Westport p.56-74, 1975.

PARK, J. W., TESTIN, R. F., PARK, H. J., VERGANO, P. J., WELLER, C. L. Fatty acid concentration effect on tensile strenght, elongation, and water vapor permeability of laminated edible films. **Journal of Food Science**, **59**: 916-919, 1994.

PEREZ-GAGO, M. P., KROCHTA, J. M. Drying temperature effect on water vapor permeability and mechanical properties of whey protein-lipid emulsion films. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, **51**, 60-74, 1997.

PIZA JR. C. T., KAVATI, R. **A cultura da goiaba de mesa**. Campinas, CATI, Boletim Técnico 219, 29p., 1994.

POPPE, J. Gelatine, In: **Thickening and gelling agents for food**, N.Y., Ed. Alan Imeson, Blackie Academic & Professional, Ch. 7, p 144-168, 1997.

PRIEBBENOW, R. Propriedades funcionais da gelatina. In: **Seminário de uso e aplicações da gelatina na indústria alimentícia**. Leiner Davis Gelatin, 1995.

READING, S. & SPRING, M. The effects of binder film characteristics on granule and tablet properties, **Jounal Pharma. Pharmacol.** ,v. 36, p. 421-426, 1984.

ROCHA, J. L. V. **Fisiologia de maturação pós-colheita de manga cv. Haden e Goiaba cvs. Vermelho e Branco**. Tese de Doutorado FEA- UNICAMP.

SARMENTO, A. L. S. C. **Elaboração e Caracterização de Biofilmes a partir de Gelatina Reticulada**. Tese de Mestrado FEA- UNICAMP.

SGARBIERI, V. **Proteínas em alimentos protéicos**. São Paulo, Ed. Varela, 1996.

SOBRAL, P. L. J. Propriedades funcionais de gelatina em função da espessura. **Ciência e Engenharia (Science and Engineering Journal)**, **8**: 60-67, 1999.

SOTHORNVIT, R., KROCHTA, J. M. Plasticizer effect on oxygen permeability of β -lactoglobulin films. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, **48**: 6298-6302, 2000.

VEIS, A. **The Macromolecular Chemistry of Gelatin**, New York, NY: Academic Press, Inc., 1964.

WONG, D. W. S., GASTINEAU, F. A., GREGORSKI, K. S., TILLIN, S. J., PAVLATH, A. E. Edible chitosan-lipid films: Microestructure and surface energy .**Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 40: 540-544, 1992.

YAMASHITA, F., BENASSI, M. T. Influência de diferentes embalagens de atmosfera modificada sobre a aceitação de goiabas brancas de mesa (*PSIDIUM GUAJAVA*, L. var. KUMAGAI) mantidas sob refrigeração. **Alim. Nutr.**, 9: 9-16, 1998.

YAMASHITA, F., BENASSI, M. T. Influência da embalagem de atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação de ácido ascórbico e perda de massa em goiabas (*Psidium guajava* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 20: 27-31, 2000.

YANG, L.; PAULSON, A. T. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. **Food Research International**, 33: 571-578 2000.

Capítulo 2. Desenvolvimento e Caracterização de Filmes Comestíveis de Gelatina, Triacetina e Ácidos Graxos.

RESUMO

Filmes de gelatina com a adição de triacetina e ácidos graxos compostos e de dupla camada foram produzidos e caracterizados quanto às propriedades de barreira à água, ao oxigênio e mecânicas. Filmes simples de gelatina e triacetina apresentaram baixa permeabilidade à água, ao oxigênio e alta resistência mecânica. A adição de ácido láurico à gelatina produziu filmes menos permeáveis à água comparados àqueles com ácidos esteárico e palmítico e morfologicamente como observado por microscopia eletrônica de varredura, mostrou o ácido láurico fortemente incorporado à matriz filmogênica. O aumento da concentração de ácidos provocou uma diminuição da resistência à tração e aumento da elongação. A partir das melhores concentrações dos ácidos e de triacetina foram produzidos filmes compostos e de dupla camada contendo gelatina, triacetina e ácido graxo. Os filmes compostos apresentaram melhores propriedades mecânicas e de barreira que os de dupla camada. Nas concentrações estudadas, a adição de ácidos graxos e de triacetina não comprometeu a transparência dos filmes de gelatina.

PALAVRAS-CHAVE: Filmes Comestíveis; Gelatina; Ácidos Graxos, Triacetina.

SUMMARY

Compound and double layer gelatin films with added triacetin and fatty acids were produced and characterized with respect to their mechanical resistance and barrier properties against water and oxygen. Simple films of gelatin with added triacetin presented low permeability to water and oxygen and good mechanical resistance. The addition of lauric acid to the gelatin produced films less permeable to water than those incorporating stearic and palmitic acids, and a morphological examination with the scanning electron microscope showed that the lauric acid was strongly incorporated into the filmogenic matrix. An increase in the concentration of the acids resulted in a decrease in tensile strength and increase in stretching. Using the best concentrations of triacetin and acids, compound and double layer films were produced containing gelatin, triacetin and fatty acid. The compound films showed better mechanical and barrier properties than the double layer films. In the concentrations used, the addition of triacetin and fatty acids did not reduce the transparency of the gelatin films.

KEY WORDS: Edible coating; Gelatin; Fat acids, Triacetin.

1. INTRODUÇÃO

Os filmes e coberturas comestíveis são vistos, entre outras funções, como uma alternativa para aumentar a vida de prateleira de frutas e hortaliças, protegendo-os dos efeitos da umidade e do oxigênio e retardando assim a sua deterioração. A utilização desses filmes não é recente. Na China, nos séculos XII e XIII, aplicavam-se revestimentos de cera em laranjas e limões (HARDENBURG, 1997). Coberturas comestíveis feitas a partir de cera de carnaúba vêm sendo comercializadas desde 1930 na cobertura de frutas frescas e hortaliças (KAPLAN, 1986).

Os filmes comestíveis são utilizados para controlar a migração de vapor de água, permeabilidade ao O_2 , CO_2 e migração lipídica em um sistema alimentício. (KROCHTA, De MULDER-JOHNSON, 1997).

Os filmes geralmente são elaborados a partir de proteínas, hidrocolóides, lipídeos ou da combinação dos mesmos. Os filmes compostos têm como vantagem combinar os pontos positivos de cada um dos constituintes utilizados.

Em geral, filmes hidrofílicos simples à base de proteínas são boa barreira a gases, aromas e lipídeos, possuem boa resistência mas alta permeabilidade ao vapor de água. Por outro lado, muitos filmes hidrofóbicos simples baseados em lipídeos, possuem propriedades mecânicas pobres e uma maior barreira à umidade (YANG & PAULSON, 2000). A permeabilidade ao vapor de água das coberturas contendo ácidos graxos depende do grau de saturação, da polaridade, do comprimento da cadeia e do grau de ramificação dos mesmos. Moléculas lipídicas longas, mais apolares, saturadas e lineares tendem a produzir filmes mais coesos, rígidos e menos permeáveis em relação a moléculas lipídicas polares de cadeia curta, insaturadas e com maior grau de ramificação (KAMPER, FENNEMA, 1984a, b; KESTER, FENNEMA, 1989a, b, c; DONHOWE, FENNEMA, 1993a, b; BALDWIN *et al.*, 1997). Este trabalho teve por objetivo o desenvolvimento e a caracterização de filmes feitos de gelatina, triacetina e ácidos

graxos (esteárico, láurico e palmítico), simples, compostos e de dupla camada. As melhores formulações serão posteriormente utilizadas como coberturas na extensão da vida de prateleira de goiabas frescas mantidas sob refrigeração.

2. METODOLOGIA

2.1 Materiais

Gelatina Tipo A (bloom = 244, diâmetro de partícula = 6 mesh, conteúdo de umidade = 9,8% e viscosidade 35 mps, caracterização do produtor), foi cedida pela indústria LEINER DAVIS GELATIN, triacetina cedida pela RHODIA e ácidos láurico, palmítico e esteárico (Vetec).

2.2 Elaboração de filmes de gelatina e triacetina

Os filmes foram obtidos hidratando-se 10g de gelatina (GEL) em 100ml de água destilada, em recipientes recobertos por papel alumínio por 1h. Após este período, a solução foi aquecida a 70⁰C/ 10min. Posteriormente, acrescentou-se a triacetina (TRI), sob agitação magnética até a homogeneização da amostra, nas concentrações 5, 10 e 15% em relação ao peso da GEL. Essa agitação foi feita de maneira suave para evitar a formação de bolhas na amostra, sendo mantido o pH natural da solução. A solução formadora de filme foi então distribuída em placas plaxiglass de 11,8cm de diâmetro, pipetando-se alíquotas de 8 e 14ml. Os filmes, feitos em triplicata, secaram à temperatura ambiente (25⁰C), durante 24h. Após a secagem, os filmes permaneceram em dessecadores mantidos à 25⁰C e 52 ± 2% de umidade relativa (URE), durante 48h antes do início das análises.

2.3 Elaboração de filmes compostos de gelatina e ácidos graxos

A hidratação da GEL foi feita como descrito em 2.2. Após a hidratação da GEL, os ácidos foram adicionados nas concentrações de 5, 15, 25 e 50% em relação ao peso da GEL (10g), levados ao banho-maria, já aquecido à temperatura de 90⁰C (para os ácidos palmítico (AP) e esteárico (AE)) e 80⁰C para o ácido láurico (AL), durante 10min. Após a solubilização da GEL e dos ácidos, a

mistura foi levada ao agitador magnético para a homogeneização da amostra. A agitação foi feita rapidamente e sob aquecimento para garantir a completa solubilização dos ácidos, sendo mantido o pH natural da solução. Alíquotas de 14ml foram colocadas em placas plaxiglass de 11,8cm de diâmetro. Os filmes secaram à temperatura ambiente por 24h e foram armazenados em dessecadores mantidos à 25°C e 52 ± 2% URE durante 48h antes das análises.

2.4 Elaboração de filmes compostos de gelatina, triacetina e ácidos graxos

Os filmes compostos foram obtidos acrescentando-se 5% de triacetina à GEL hidratada e já adicionada da concentração do ácido escolhida (15% para AL e 5% para AP e AE, em relação ao peso da GEL). As concentrações foram escolhidas após a realização das análises de caracterização. As soluções formadoras de filme foram então levadas ao banho-maria previamente aquecido (80°C para a mistura TRI/AL e 90°C para as misturas de TRI/AP e TRI/AE). Após o aquecimento de 10min as amostras foram retiradas do banho e passaram por agitação magnética rápida, ainda sob aquecimento. Soluções foram distribuídas em alíquotas de 14ml em placas plaxiglass de 11,8cm de diâmetro, e também secas à temperatura ambiente por 24h e os filmes em triplicata foram armazenados em dessecadores nas mesmas condições já descritas.

2.5 Elaboração de filmes formados por dupla camada

Inicialmente, foi obtido um filme composto de gelatina e TRI 5%, com alíquota de 8ml, nas condições de elaboração já descritas anteriormente. Em chapa aquecida, foram solubilizados 20ml de cada ácido (AL, AP e AE). O filme de gelatina foi então colocado sobre uma placa de acrílico e sobre esse filme foram adicionados, separadamente, os ácidos já solubilizados, para formar os filmes de dupla-camada. A placa contendo os filmes cobertos foi pressionada por um suporte de 2kg, mantido até o final da secagem dos ácidos. Após esta etapa os filmes produzidos foram colocados em dessecadores à temperatura de 25°C, 52 ± 2% URE e mantidos durante 48h antes das análises.

2.6 Aspecto visual

A cada lote de filme produzido foram realizadas análises visuais e táteis, visando aproveitar somente os filmes que fossem homogêneos (com coloração uniforme e que não apresentassem partículas insolúveis de gelatina ou ácidos graxos) e flexíveis (que possuísem facilidade de manuseio, não apresentando rupturas ou zonas quebradiças). Os filmes que não estavam bem distribuídos ao longo da placa, apresentando variação na espessura e filmes que não se desgrudavam com facilidade das placas plaxiglass também foram descartados.

2.7 Espessura do filme

A espessura dos filmes foi medida usando-se um micrômetro (Modelo MDC-25M, Mitutoyo, MFG, Japan), representando a média de 5 medidas aleatórias em diferentes partes do filme. Essa medida foi obtida após o período de acondicionamento dos filmes.

2.8 Permeabilidade ao vapor de água

A permeabilidade ao vapor de água foi determinada gravimetricamente a 25°C, utilizando-se o método padrão E-96 da ASTM (ASTM, 1980) modificado. O filme foi selado com parafina em células de permeação feitas de alumínio, contendo cloreto de cálcio. A selagem foi feita para garantir que toda a migração de umidade ocorresse através do filme. As células de permeação foram então acondicionadas em dessecadores mantidos a 25°C e 75% URE. O vapor de água transferido através do filme foi determinado pelo ganho de peso do cloreto de cálcio, medido a cada 24 h. O efeito do espaço de ar, como descrito por McHUGH, KROCHTA, (1993) e GENNADIOS *et al.* (1994) entre a parte de baixo do filme e a superfície do cloreto de cálcio nas células-teste, não foi considerado para o cálculo da taxa de transmissão de vapor de água. Os testes foram realizados em triplicata.

2.9 Permeabilidade ao oxigênio

A taxa de transmissão de oxigênio foi medida usando-se uma modificação do método padrão ASTM D 3985-81 com um aparelho Ox-Tran (Mocon, Inc., Minneapolis, USA) a 25°C. A permeabilidade ao oxigênio ($\text{cm}^3\mu\text{m}/\text{m}^2\text{dkPa}$) foi calculada dividindo-se a taxa de transmissão de oxigênio pela pressão de oxigênio e multiplicado pela espessura média da amostra de filme. A pressão de oxigênio foi de 1.013×10^5 Pa (1 atm), sendo as amostras do filme, no instrumento de medida, sujeitadas a 100% de gás oxigênio de um lado e de um gás de arraste contendo 98% de nitrogênio e 2% de hidrogênio do outro lado. As análises foram realizadas em triplicata, nos filmes acondicionados a temperatura de 25 °C, 52 ± 2 % URE durante 48 h.

2.10 Propriedades mecânicas

A resistência à tração e a porcentagem de alongação na ruptura foram determinadas utilizando um texturômetro TA-XT2 (SMS, Surrey, UK) operado de acordo com o método padrão ASTM D 882-83, com separação inicial das garras e velocidade do “probe” de 50mm e 1mm/s, respectivamente. Os filmes foram recortados, apresentando 100mm de comprimento e 25mm de largura. A média das espessuras requeridas para o cálculo da área seccional foi determinada utilizando-se 5 medidas obtidas ao longo do filme. Foram obtidas para os filmes a força máxima e a extensão no ponto de ruptura. A resistência à tração foi calculada dividindo-se a força máxima pela área seccional do filme (largura do filme x espessura). Dividindo-se os valores de extensão pela separação inicial das garras (50 mm) e multiplicando-se por 100, obteve-se a porcentagem de alongação na ruptura.

2.11 Solubilidade em água

A solubilidade em água dos filmes foi determinada segundo o método proposto por GONTARD *et al.* (1994). As amostras foram feitas em triplicatas, sendo recortadas em discos de 2cm de diâmetro. O peso seco inicial das

amostras foi obtido após secagem das mesmas por um período de 24h à temperatura de 105⁰C. Após a primeira pesagem, as amostras foram imersas em um recipiente contendo 50ml de água destilada e colocadas sob agitação suave durante 24h. Após este período, as amostras solubilizadas foram retiradas e secas à temperatura de 105 ⁰C por mais 24 h, para a obtenção do peso seco final.

2.12 Opacidade

A opacidade do filme foi determinada utilizando-se colorímetro Hunterlab (Colorquest II, Faifax, USA). As determinações foram feitas em triplicata após a calibração do colorímetro com um fundo padrão branco e um fundo padrão negro. Os valores padrões utilizados em fundo branco foram 84,67; 0,55; 0,68 para L, a e b, respectivamente. A opacidade foi determinada através da equação (HUNTERLAB,1997):

$$Op = \left(\frac{Op_N}{Op_B} \right) \cdot 100$$

Onde: Op = opacidade do filme (%);

Op_N = opacidade do filme sobreposto a um fundo negro e

Op_B = opacidade do filme sobreposto a um fundo branco.

2.13 Microscopia eletrônica

As características de superfície dos filmes foram analisadas por microscopia eletrônica de varredura, usando-se um microscópio Jeol (JMS-T330, Tokyo, Japan) operado a 10 kV. As amostras de filme foram fixadas em "stubs" de alumínio com fita de cobre e deixadas no dessecador a 0% de umidade relativa por 7 dias. As amostras foram cobertas com ouro através do sputter Balzers (SDC 050, Baltec, Lichtenstein, Áustria) por 180seg., 40mA.

2.14 Análise estatística

O programa Statistica® 5.5 (Stasoft, USA) foi usado para calcular as análises de variância (ANOVA) e o teste de Tukey foi usado para determinar diferenças entre as propriedades dos filmes no intervalo de 95% de confiança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram realizados testes de permeabilidade ao vapor de água, solubilidade em água e resistência mecânica para todos os filmes obtidos. Os testes de permeabilidade ao oxigênio foram realizados nos filmes compostos de GEL/TRI/ácidos e GEL/TRI, e o de opacidade para esses filmes incluindo-se também um filme de gelatina. A partir dos melhores resultados obtidos nos testes de caracterização, foi escolhida a melhor concentração de cada tipo de ácido (Tabela 3 e Tabela 4) e também da concentração de TRI (Tabela 1 e Tabela 2) para avaliar as melhores concentrações desses componentes nos filmes compostos (Tabela 5 e Tabela 6).

3.1 Filmes de gelatina e triacetina

Os filmes de GEL e TRI se mostraram resistentes e transparentes. Pode-se observar (Tabela 1) que o aumento da espessura do filme causou um aumento na permeabilidade ao vapor de água, efeito também observado com a elevação da concentração da triacetina para o filme mais espesso. O aumento da permeabilidade ao vapor de água em função do aumento da espessura também foi observado por PARK, CHINNAN (1995), em filmes de zeína e glúten e por SOBRAL (1999), em filmes preparados à base de gelatina de couro bovino e gelatina de couro suíno, em estudo mais detalhado sobre a influência da espessura, onde o aumento da espessura causou aumento linear na permeabilidade ao vapor d'água. A solubilidade em água diminuiu com o aumento da espessura, não sendo observada diferença significativa em relação à variação da concentração de TRI estudada. Os valores de resistência à tração e de alongação (Tabela 2) não apresentaram diferenças significativas ($P < 0.05$), tanto

na variação da espessura, quanto na variação da concentração do plastificante estudada.

Tabela 1. Permeabilidade ao vapor de água, espessura e solubilidade dos filmes de gelatina e triacetina.

	Filme*	Espessura (mm)	Permeabilidade ao Vapor de água (gmm/m ² dkPa)**	Solubilidade em água (%)**
GEL/ TRI	5%/ 8ml	0,0189±0,0004	2,69 ± 0,08 ^c	25,95 ± 1,06 ^a
	10%/ 8ml	0,0179±0,0026	2,94± 0,36b ^c	25,79 ± 0,85 ^a
	15%/ 8ml	0,0183±0,0021	3,08± 0,15b ^c	25,88 ± 0,10 ^a
GEL/ TRI	5%/ 14ml	0,0337±0,0043	3,49± 0,36 ^b	14,41 ± 0,38 ^b
	10%/ 14ml	0,0338±0,0061	4,38± 0,10 ^a	14,46 ± 0,01 ^b
	15%/ 14ml	0,0350±0,0026	4,82 ± 0,40 ^a	15,24 ± 0,95 ^b

*GEL= gelatina; TRI= triacetina. **Média e desvio padrão de triplicatas. ^{a-c} Médias com letras iguais não diferem ao nível de P≤0.05.

Tabela 2. Propriedades mecânicas dos filmes de gelatina e triacetina.

	Filme*	Resistência a Tração (MPa)**	Elongação (%)**
GEL/ TRI	5%/ 8ml	93,81 ± 5,88 ^a	7,13 ± 1,54 ^a
	10%/ 8ml	84,60±8,09 ^a	6,18 ± 1,8 ^a
	15%/ 8ml	88,30± 3,62 ^a	6,70 ± 2,18 ^a
GEL/ TRI	5%/ 14ml	99,68± 7,11 ^a	8,92± 1,63 ^a
	10%/ 14ml	92,57± 9,55 ^a	7,59 ± 1,56 ^a
	15%/ 14ml	93,34± 6,39 ^a	7,41 ± 1,29 ^a

*GEL= gelatina; TRI= triacetina. **Média e desvio padrão de replicatas. ^a Médias com letras iguais não diferem ao nível de P≤0.05.

3.2 Filmes de gelatina e ácidos graxos

A adição de lipídeos ao filme de GEL tornou-os mais espessos, efeito também observado por RHIM *et al.* (1999). Os filmes contendo GEL e ácidos graxos mostraram-se menos transparentes e de maneira geral apresentaram menor resistência mecânica, maior elongação e permeabilidade ao vapor de água que os filmes de GEL e TRI.

Foram elaborados filmes de gelatina e glicerol (5%) e filmes de gelatina e triacetina (5%) na mesma espessura que os estudados com a adição de ácidos graxos, para que pudesse ser feita a comparação das propriedades mecânicas e de barreira ao vapor de água desses filmes. O glicerol foi escolhido pois, embora o objetivo desse trabalho não tenha sido o estudo do glicerol como plastificante, ele é muito utilizado na elaboração de filmes comestíveis. A adição de AL ao filme de GEL provocou uma diminuição na permeabilidade ao vapor de água dos filmes comparado ao filme de GEL contendo 5% de glicerol como plastificante ($P_{va}=6,18\text{gmm/m}^2\text{dkPa}$, solubilidade=13,29%, resistência a tração=99,20MPa e elongação=8,88%) com a mesma espessura em todas as concentrações de AL adicionadas, a diminuição da permeabilidade ao vapor de água dos filmes compostos de GEL e AL foi de até 34%, se observarmos os filmes contendo 15% de AL (Tabela 3). WONG *et al.* (1992), num estudo sobre o efeito da adição de ácidos graxos em filmes de quitosana, observou que a incorporação de AL reduziu a permeabilidade ao vapor de água em até 49%, comparado ao filme controle, enquanto que os outros ácidos adicionados não tiveram o mesmo efeito. Foi observado pelos mesmos autores que a adição de ácido palmítico aumentou a permeabilidade ao vapor de água dos filmes de quitosana, ao contrário do esperado, pois os ácidos com cadeias de carbono mais longas, como o ácido esteárico e palmítico, poderiam gerar filmes mais resistentes ao vapor de água. Os filmes de GEL e AL apresentaram-se visualmente mais homogêneos que os filmes contendo AP e AE.

Filmes de gelatina com a adição de AP também apresentaram uma diminuição, em todas as concentrações, do valor de permeabilidade ao vapor de

água em relação ao filme de gelatina e glicerol de mesma espessura, apresentando um aumento de permeabilidade a partir da concentração de 25%. Segundo YANG, PAULSON (2000), a máxima quantidade de lipídeos possível para adição em filmes de goma gelana foi de 25% em relação ao peso seco do polímero. Filmes contendo maior quantidade de lipídeos, apresentaram uma distribuição lipídica heterogênea, provavelmente originada a partir da baixa dispersão dos lipídeos e da pobre estabilidade do sistema de emulsão em maiores concentrações.

Conforme pode ser observado na Tabela 3, a adição de ácido esteárico à solução filmogênica de gelatina promoveu um acentuado espessamento dos filmes em relação à adição dos outros ácidos graxos, em decorrência do maior comprimento da cadeia de carbonos do ácido. Para efeito comparativo, um novo filme de GEL e TRI (5 %) foi produzido na mesma espessura, requerendo uma alíquota sensivelmente maior (25ml de solução filmogênica). O valor de permeabilidade ao vapor de água desse filme (espessura média = $0,0914 \pm 0,0158$ mm) foi de $9,90 \pm 0,52$ gmm/m²dkPa. Em relação a esse valor, a adição de AE aos filmes de GEL reduziu o valor de permeabilidade ao vapor de água em todas as concentrações estudadas (Tabela 3). Entre as concentrações de AE estudadas (5, 15, 25 e 50 %) , o maior valor de permeabilidade foi observado a 25 %, voltando a diminuir quando a concentração do ácido foi aumentada para 50 %. Efeito semelhante foi observado por RHIM *et al.* (1999), onde a melhor concentração de AE adicionada em isolados protéicos de soja para obtenção de filmes foi de 40%, apresentando permeabilidade ao vapor de água inferior à concentração de 10%.

KAMPER, FENNEMA (1984 a, b) observaram que a adição de ácidos até 0,46mg/cm³ em uma matriz de hidroxipropil metil celulose (HPMC) foi mais eficiente no controle da permeabilidade ao vapor de água. Observaram também que a concentração ótima de AE foi de 0,85 mg/cm³ e que o aumento da concentração de ácido esteárico em até 1,2 mg/cm³ aumentou o valor de permeabilidade ao vapor de água dos filmes de dupla camada. A justificativa dos

autores foi de que em certas áreas do filme, o AE penetrava em toda a profundidade do mesmo resultando numa aderência às placas de petri durante a fabricação e posterior dano ao filme quando foi feita a remoção desses da placa.

Em todos os ácidos adicionados houve um aumento da solubilidade dos filmes à medida que a concentração de ácidos aumentou nas faixas estudadas (Tabela 3). A solubilidade de filmes à base de isolado protéico de soja, segundo RHIM *et al.* (1999), teve um aumento significativo com a adição de ácido láurico. GONTARD *et al.* (1994) também observaram um aumento significativo na solubilidade de filmes de glúten quando adicionados de ácidos graxos.

Tabela 3. Permeabilidade ao vapor de água, espessura e solubilidade dos filmes de gelatina e ácidos graxos.

	Filmes*	Espessura (mm)	Permeabilidade ao vapor de água (gmm/m2dkPa)**	Solubilidade em água (%)**
GEL/ AL	5%	0,0601±0,0020	5,81 ± 0.08 ^{cdef}	17,85 ±0,34 ^{gh}
	15%	0,0650±0,0016	4,42± 0,36 ^f	22,15 ±0,28 ^{cd}
	25%	0,0695±0,0014	4,66± 0,15 ^f	21,01±0,78 ^{cde}
	50%	0,0829±0,0046	5,35± 0,36 ^{def}	25,59 ±0,97 ^b
GEL/ AP	5%	0,0527±0,0049	4,79± 0.10 ^{ef}	15,89 ±0,90 ^h
	15%	0,0673±0,0037	4,71 ± 0.40 ^{ef}	18,93 ± 0,34 ^{fg}
	25%	0,0753±0,0055	5,82 ±1,06 ^{cdef}	19,85 ±0,33 ^{ef}
	50%	0,0805±0,0057	6,36 ±1,06 ^{bcde}	28,40 ±0,99 ^a
GEL/ AE	5%	0,0785±0,0085	6,81 ±1,06 ^{bcd}	17,03 ±0,90 ^{gh}
	15%	0,0860±0,0101	7,46 ±1,06 ^{bc}	20,54 ±0,05 ^{def}
	25%	0,1032±0,0100	9,50 ±1,06 ^a	23,05 ±0,27 ^c
	50%	0,1187±0,0090	7,72 ±1,06 ^b	22,82±0,60 ^{cd}

*GEL= gelatina; AL= ácido láurico; AP= ácido palmítico; AE= ácido esteárico. ** Média e desvio padrão de triplicatas. ^{a-h} Médias com letras iguais não diferem ao nível de P≤0.05.

A resistência mecânica diminuiu conforme os ácidos foram acrescidos à GEL, observando-se que a adição de lipídeos causou uma diminuição da

resistência mecânica dos filmes (Tabela 4). O declínio da resistência relacionado ao aumento da concentração de ácidos graxos nos filmes, foi também observado por YANG, PAULSON (1999), PEREZ-GAGO, KROCHTA (2000), entre outros. PARK *et al.* (1994) observaram num estudo de filmes laminados compostos de HPMC que a resistência à tração desses filmes diminuía com a adição de lipídeos e que a elongação aumentava em relação ao filme controle sem lipídeos.

Tabela 4. Propriedades Mecânicas dos filmes de Gelatina e Ácidos Graxos.

	Filme*	Resistência a Tração (MPa)**	Elongação (%)**
GEL/ AL	5%	57,38 ± 1,08 ^a	7,51 ± 0,66 ^a
	15%	56,37 ± 2,14 ^a	8,32 ± 1,25 ^a
	25%	46,12 ± 1,66 ^{bc}	7,94 ± 0,56 ^a
	50%	31,83 ± 1,09 ^{ef}	8,45 ± 0,67 ^a
GEL/ AP	5%	53,92 ± 2,89 ^a	8,58 ± 1,40 ^a
	15%	41,09 ± 4,35 ^{bcd}	8,35 ± 0,48 ^a
	25%	38,26 ± 3,45 ^{cde}	8,36 ± 0,33 ^a
	50%	29,62 ± 2,34 ^{ef}	7,77 ± 1,28 ^a
GEL/ AE	5%	48,14 ± 5,98 ^{ab}	9,69 ± 2,13 ^a
	15%	36,90 ± 2,50 ^{de}	8,99 ± 2,09 ^a
	25%	36,30 ± 5,81 ^{de}	10,71 ± 1,64 ^a
	50%	28,36 ± 2,69 ^f	9,30 ± 2,44 ^a

*GEL= gelatina; AL= ácido láurico; AP= ácido palmítico; AE= ácido esteárico. ** Média e desvio padrão de replicatas. ^{a-f} Médias com letras iguais não diferem ao nível de P≤0.05.

3.3 Filmes compostos e de dupla camada

Não foi observada diferença entre as solubilidades em água, dos filmes compostos e dos de dupla camada, (Tabela 5). De forma geral, os filmes compostos de GEL, TRI e ácidos graxos (Tabela 6) mostraram-se mais resistentes

que os filmes de GEL e ácidos graxos (Tabela 4), tanto em relação à resistência à tração quanto à elongação.

Embora a adição de TRI tenha provocado um aumento na resistência mecânica dos filmes compostos de GEL e ácidos graxos, a permeabilidade ao vapor de água aumentou em relação aos filmes de GEL e ácidos graxos e filmes simples de GEL e TRI. Filmes compostos contendo TRI e AE apresentaram menores valores de permeabilidade ao vapor de água comparados aos filmes de dupla camada, com o mesmo ácido graxo (Tabela 5). A resistência mecânica e a elongação dos filmes compostos não apresentaram diferenças para os diferentes tipos de ácidos graxos incorporados (Tabela 6) e apresentaram maiores valores para esse parâmetro em relação aos filmes de dupla camada. Funcionalmente, a manuseabilidade e a elaboração dos filmes de dupla camada foi pior e mais difícil que dos outros filmes estudados.

A permeabilidade ao oxigênio só pôde ser medida nos filmes compostos, devido ao rompimento dos filmes de dupla camada na célula de medida. Entre os filmes compostos avaliados a menor permeabilidade ao oxigênio (Tabela 6) foi observada para o filme de GEL/TRI/AL ($16,96 \pm 1,01 \text{ cm}^3 \mu\text{m}/\text{m}^2\text{dkPa}$). A permeabilidade ao oxigênio do filme contendo GEL/TRI 5% e do GEL/AL 15% foram respectivamente $14,95 \pm 2,29$ e $20,77 \pm 0,98 \text{ cm}^3 \mu\text{m}/\text{m}^2\text{dkPa}$, indicando que a adição do lipídeo, como esperado, favoreceu o aumento da permeabilidade ao oxigênio. Esses valores são superiores ao do celofane ($0,7 \text{ cm}^3 \mu\text{m}/\text{m}^2\text{dkPa}$, SALAME, 1986 em McHUGH, KROCHTA, 1994) na mesma URE e mesma temperatura, inferiores ao do polietileno de baixa densidade (PEBD, $1870 \text{ cm}^3 \mu\text{m}/\text{m}^2\text{dkPa}$, 50% URE, SALAME, 1986 em McHUGH, KROCHTA, 1994).

Tabela 5. Permeabilidade ao vapor de água, espessura e solubilidade dos filmes compostos (fc) e de dupla camada (dc).

	Filmes*	Espessura (mm)	Permeabilidade ao Vapor de água (gmm/m ² dkPa)**	Solubilidade em água (%)**
GEL/ TRI 5%	AL 15%/ fc	0,0684±0,0028	7,93 ± 0,08c	26,51 ±0,26 a
	AP 5%/ fc	0,0641±0,0061	10,03± 0,36b	26,40 ±0,35 a
	AE 5%/ fc	0,0673±0,0053	8,13± 0,15c	28,65 ±1,21 a
GEL/ TRI 5%	AL/ dc	0,4067±0,0109	9,67± 0,36bc	21,46 ±6,33 a
	AP/ dc	0,4014±0,0042	12,40± 0,10ab	21,62 ±5,00a
	AE/ dc	0,4092±0,0101	14,57 ± 0,0a	10,95 ± 1,98a

*GEL= gelatina; TRI= triacetina; AL= ácido láurico; AP= ácido palmítico; AE= ácido esteárico.

**Média e desvio padrão de triplicatas. ^{a-c} Médias com letras iguais não diferem ao nível de P≤0.05.

Tabela 6. Propriedades mecânicas e permeabilidade ao oxigênio dos filmes compostos (fc) e de dupla camada (dc).

	Filme*	Permeabilidade ao Oxigênio (cm ³ μm/m ² dkPa)	Resistência a Tração (MPa)**	Elongação (%)**
GEL/ TRI 5%	AL 1,5/ fc	16,96 ± 1,01 ^b	61,92 ± 6,46 ^a	10,12 ± 1,96 ^a
	AP 0,5/ fc	21,08 ± 0,34 ^a	62,04± 5,40 ^a	9,30± 1,12 ^a
	AE 0,5/ fc	23,83 ± 0,01 ^a	66,04± 2,46 ^a	9,20 ±1,30 ^a
GEL/ TRI 5%	AL/ dc	----	3,15± 6,44 ^b	1,06± 0,23 ^c
	AP/ dc	----	4,43± 1,30 ^b	5,40 ± 0,84 ^b
	AE/ dc	----	5,99± 2,30 ^b	4,88 ± 0,22 ^b

* GEL= gelatina; TRI= triacetina; AL= ácido láurico; AP= ácido palmítico; AE= ácido esteárico. **

Média e desvio padrão de replicatas. ^{a-f} Médias com letras iguais não diferem ao nível de P≤0.05.

3.4 Opacidade dos filmes

A opacidade dos filmes apresentou um pequeno aumento com a adição da triacetina e dos ácidos graxos em relação ao filme de gelatina pura conforme pode ser observado na Figura 1. Apesar do pequeno acréscimo, os filmes permaneceram visualmente transparentes, fator essencial para utilização dos mesmos na embalagem de frutas frescas.

A adição de ácido láurico determinou o maior valor da opacidade, com um acréscimo percentual de 41% em relação ao filme de gelatina em decorrência desse filme conter a maior concentração de ácido (15%) entre os filmes estudados para posterior recobrimento de frutas frescas.

A adição de ácido palmítico em matriz filmogênica utilizada por GONTARD *et al.* (1994), teve pequeno efeito sobre a opacidade, mesmo em altas concentrações.

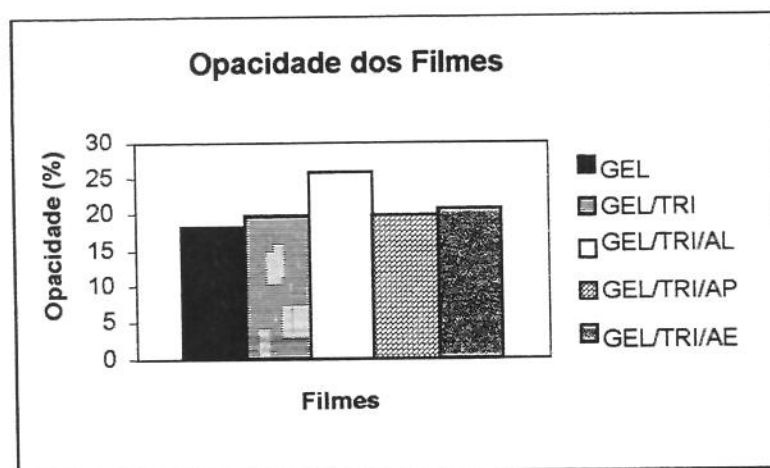


Figura 1. Opacidade dos filmes.

3.5 Microscopia eletrônica dos filmes

As micrografias de superfície dos filmes escolhidos para posterior utilização da solução filmogênica na cobertura de frutas frescas estão apresentadas na Figura 2. A seleção foi feita de acordo com a caracterização dos filmes, de forma a escolher uma formulação com melhores propriedades de barreira e mecânicas

para filmes de GEL/TRI, GEL/Ácidos graxos e um filme composto GEL/TRI/Ácido graxo.

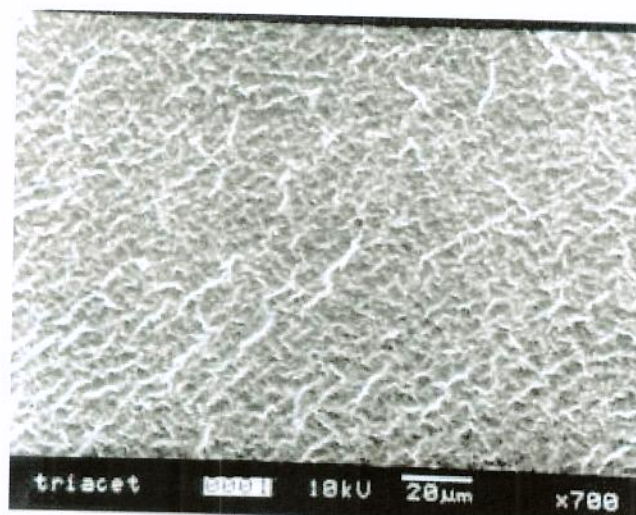
O filme de GEL/AL (Figura 2b) apresenta uma morfologia bastante diversa da morfologia dos filmes onde a triacetina foi adicionada. O ácido láurico se encontra fortemente ligado à matriz filmogênica, apresentando um arranjo característico em camadas compactas que conferem uma morfologia específica a esse filme. De acordo com KESTER, FENNEMA (1989a, b) esse tipo de arranjo em camadas aparentemente superpostas e compactas é o fator predominante para a baixa permeabilidade ao vapor de água de filmes lipídicos. WONG *et al.* (1992), trabalhando com a adição de ácidos graxos em soluções filmogênicas de quitosana, concluíram que a adição de lipídeos provocava uma evidente variação na microestrutura do filme, que poderia estar relacionada à permeabilidade ao vapor de água dos filmes, observando também que o ácido láurico mostrava-se uniformemente incorporado à matriz do filme, enquanto que a microestrutura do filme com adição de ácido palmítico mostrou o AP formando discretas partículas através da matriz de quitosana, onde essas áreas hidrofóbicas localizadas no filme resultaram numa barreira ineficiente à água.

A introdução da triacetina (Figura 2c) no filme de GEL/AL modifica sensivelmente a estrutura em camadas observada antes da adição. A triacetina exerce um efeito plasticizante e aparentemente desorganiza a matriz com a molécula lipídica, se colocando entre as camadas de ácido e rompendo a organização inicial, mas mantendo um arranjo aparentemente compacto. Essa desorganização reflete no aumento significativo da permeabilidade ao vapor de água para o filme GEL/TRI/AL em relação ao filme GEL/AL.

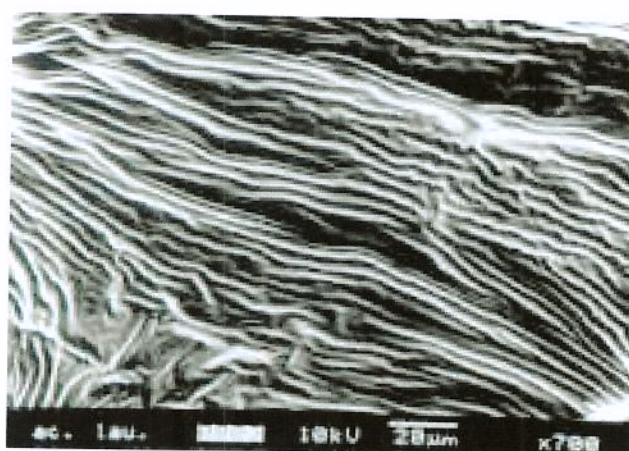
Para qualquer dos ácidos estudados a introdução da triacetina provocou um forte aumento da permeabilidade à água em relação aos filmes GEL/Ácidos graxos (109 %, 79% e 19% para AP, AL e AE, respectivamente).

A morfologia observada para o filme GEL/TRI (Figura 2a) é compacta e parece também determinada pela presença da triacetina, que neste caso produz um filme ainda com baixa permeabilidade ao vapor de água.

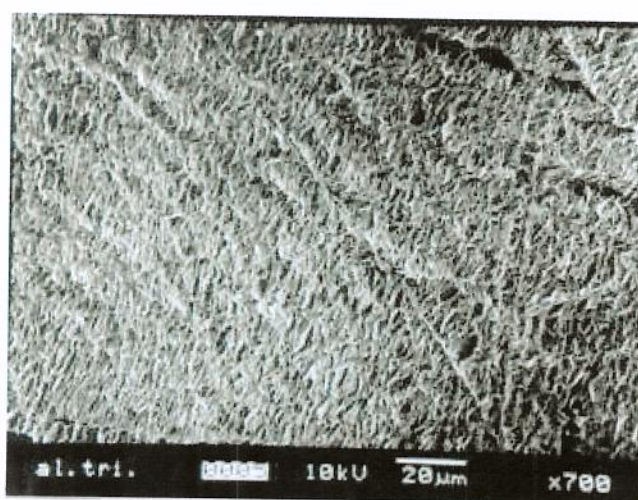
Para as formulações escolhidas, os valores de permeabilidade à água foram maiores que o observado para PEBD (0.079 gmm/m²dkPa, SMITH, (1986) em KROCHTA *et al.* 1994), inferiores para GEL/TRI 5% e GEL/AL 15% ao celofane (7,27gmm/m²dkPa), que apresenta um valor praticamente igual ao observado GEL/TRI/AL. A resistência à tração dos filmes selecionados foi superior ao valor observado para o PEBD (8,6 – 17,3MPa, BRISTON, 1988 em KROCHTA *et al.* 1994), apresentando valores de elongação inferiores ao observado para o filme sintético.



a



b



c

Figura 2. Micrografias da superfície dos filmes obtidas por SEM (X 700): a. Filme de GEL/TRI 5%; b. Filme de GEL/AL 15% e c. Filme de GEL/TRI/AL.

4. CONCLUSÕES

A adição de ácidos graxos aos filmes de gelatina melhora a permeabilidade ao vapor de água. A concentração ideal de ácido a ser adicionada depende do tipo de ácido graxo. O aumento da concentração provocou para todos os ácidos, uma diminuição da resistência mecânica e um aumento da solubilidade em água. Filmes de maior espessura foram obtidos quando o ácido esteárico foi utilizado.

A adição de triacetina aos filmes compostos de ácidos graxos e gelatina aumentou a resistência mecânica, porém causou aumento da permeabilidade ao vapor de água.

Os filmes compostos de gelatina, triacetina e ácidos graxos mostraram-se mais funcionais quanto ao manuseio, que os filmes de dupla camada com os mesmos componentes.

As características de permeabilidade obtidas para as diversas formulações avaliadas permitem a utilização dos filmes em sistemas alimentícios que apresentam migração de água, como a maturação de frutas e hortaliças, possibilitando pequenas trocas gasosas necessárias à regulação de processos bioquímicos determinantes na extensão da vida útil desses sistemas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARANTE, C., BANKS, N. H. Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. **Horticultural Reviews**, **26**: 161-283, 2001.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). Method E-96: Standard test methods for water vapor transmission of materials. In: **Annual Book of ASTM Standards**. Conshohocken, PA, 1980.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). Method D 3985-81: Standard test methods for gas transmission rate of plastic film and sheeting. Method D 3985-81. In: **Annual Book of ASTM Standards**. Conshohocken, PA, 1980.

ASTM (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS). Method D 882-83: Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting. In: **Annual Book of ASTM Standards**. Conshohocken, PA, 1980.

BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M. O., HAGENMAIER, R. D., BAKER, R.A. Use of lipids in coatings for food products. **Food Technology**, **51**: 56-62, 64, 1997.

DONHOWE, I. G., FENNEMA, O. Water vapor and oxygen permeability of wax films. **J. Am. Oil Chem. Soc.**, **70**: 867-873, 1993.

GENNADIOS A., McHUGH T. H., WELLER, C. L., KROCHTA, J. M. Edible coatings and films based on proteins. In: KROCHTA, J. M., BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M. (eds). **Edible coatings and films to improve food quality**. Technomic Publishing Co, Inc. Lancaster USA, 1994.

GONTARD, N., DUCHEZ, C., CUQ, J. L., GUILBERT, S. Edible composite films of wheat gluten and lipids: water vapor permeability and other physical properties. **International Journal of Food Science and Technology**, **29**: 39-50, 1994.

HUNTERLAB. The color management company. Universal software, version 3.2. Reston, 1997.

HARDENBURG, R. E. Wax and related coatings for horticultural products. A bibliography. **Agriculture Research Service Bulletin** 51,15, United States Department of Agriculture, Washington, DC, 1997.

KAMPER, S. L., FENNEMA, O. Water vapor permeability of edible bilayer films. **Journal of Food Science**, **49**: 1478-1481, 1485, 1984a.

KAMPER, S. L., FENNEMA, O. Water vapor permeability of an edible, fatty acid bilayer film. **Journal of Food Science**, **49**: 1482-1485, 1984b.

KAPLAN, H. J., Washing, waxing and color-adding. In: WARDOWSKI, W. F., NAGY, S., GRIERSON, W. (eds) **Fresh citrus fruit**. AVI Publishing Co, Westport, CT, p. 379-396, 1986.

KESTER, J. J., FENNEMA, O. Resistance of lipid films to oxygen transmission. **J. Am. Oil Chem. Soc.** **66**: 1129-1138, 1989a.

KESTER, J. J., and FENNEMA, O. Resistance of lipid films to water vapor transmission. **J. Am. Oil Chem. Soc.** **66**:, 1139-1146, 1989b.

KESTER, J. J., FENNEMA, O. An edible film of lipids and cellulose ethers: barrier properties to moisture vapor transmission and structural avaluation. **Journal of Food Science**, **54**: 1383-1389, 1989c.

KROCHTA, J. M., De MULDER-JOHNSON, C. M. Edible and biodegradable polymer films: Challenges and opportunities. **Food Technology**, **51**: 61-74, 1997.

McHUGH, T. H., KROCHTA, J. M. Sorbitol vs glycerol plasticized whey protein edible films: Integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, **42** : 841-845, 1994.

McHUGH T. H., KROCHTA, J. M. Permeability properties of edible films. In: KROCHTA, J. M., BALDWIN, E. A., NISPEROS-CARRIEDO, M. (eds). **Edible coatings and films to improve food quality**. Technomic Publishing Co, Inc.Lancaster USA, 1994.

PARK, H. J., CHINNAN, M. S. Gas and water vapor barrier properties of edible films from protein and cellulosic materials. **Journal of Food Engineering**, 25, 497-507, 1995.

PARK, J. W., TESTIN, R. F., PARK, H. J., VERGANO, P. J., WELLER, C. L. Fatty acid concentration effect on tensile strenght, elongation, and water vapor permeability of laminated edible films. **Journal of Food Science**, 59: 916-919, 1994.

PEREZ-GAGO, M. P., KROCHTA, J. M. Drying temperature effect on water vapor permeability and mechanical properties of whey protein-lipid emulsion films. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 51, 60-74, 1997.

RHIM, J. W., WU, Y., WELLER, C. L., SCHNEPE, M. Physical characteristics of emulsified soy protein-fatty acid composite filmes. **Sciences des Aliments**, 19: 57-71, 1999.

SOBRAL, P. J. A. Propriedades funcionais de biofilmes de gelatina em função da espessura. **Ciência &Engenharia**, 8: 60-67, 1999.

WONG, D. W. S., GASTINEAU, F. A., GREGORSKI, K. S., TILLIN, S. J., PAVLATH, A. E. Edible chitosan-lipid films: Microestructure and surface energy . **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, 40: 540-544, 1992.

YANG, L.; PAULSON, A. T. Effects of lipids on mechanical and moisture barrier properties of edible gellan film. **Food Research International**, 33: 571-578 2000.

Capítulo 3. Vida útil de Goiabas Refrigeradas Recobertas com Gelatina, Triacetina e Ácido Láurico.

RESUMO

Coberturas filmogênicas produzidas com gelatina, triacetina e ácido láurico foram aplicadas sobre goiabas brancas no estágio "verde maduro". As frutas foram estocadas sob refrigeração, a 12°C, durante vinte dias, juntamente com frutas controle. Parâmetros físico-químicos indicadores do amadurecimento incluindo pH, acidez titulável, °Brix, açúcares totais e redutores, dureza, cor e perda de massa foram medidos em intervalos de quatro dias. A avaliação da vida útil através de análise sensorial, incluindo aparência global, brilho, cor e intenção de compra, com a mesma periodicidade de retirada de amostras foi também efetuada. Análises sensoriais específicas para o sabor, aroma, textura e intenção de compra foram feitas após 9 dias de estocagem. As coberturas se mostraram efetivas na extensão da vida útil das goiabas em relação às frutas in natura sem cobertura, sendo bem aceitas pelos consumidores durante todo o período de duração do experimento e avaliação sensorial. Entre as coberturas, a mistura de gelatina e triacetina mostrou-se a melhor, tanto sensorialmente quanto nos parâmetros físico-químicos estudados. A incorporação de brilho, devido à adição das coberturas, teve um efeito favorável na aparência das amostras. Coberturas contendo ácido láurico, apesar de apresentarem aspectos positivos, influenciaram o sabor típico das goiabas. Entretanto, a lavagem das goiabas antes da degustação se mostrou suficiente para remover a presença de sabor estranho nas frutas.

PALAVRAS-CHAVE: Coberturas comestíveis, Goiaba, Gelatina, Vida de prateleira

SUMMARY

Filmogenic coatings produced with gelatin, triacetin and lauric acid were applied to white guava fruits during the mature green stage. The fruits were stored under refrigeration for twenty days, together with an uncoated control. The physico-chemical parameters used to evaluate maturation included pH, titratable acidity, °Brix, total and reducing sugars, hardness, color and loss in weight, and were measured at four-day intervals. In addition the shelf life was evaluated by a sensory analysis, including overall appearance, shine, color and buying intention at the same intervals. A specific sensory analysis for flavor, aroma, texture and buying intention was applied after 9 days of storage. The coatings were shown to be effective in extending the shelf life of the guavas as compared to the uncoated fruits, and were well accepted by the consumers throughout the whole period of the experiment. Of the coatings studied, the gelatin film containing triacetin was shown to be the best, both from the sensory and physic-chemical parameters studied. The incorporation of brightness with the use of coatings had a favorable effect on the appearance. Coatings containing lauric acid, despite some positive aspects, influenced the typical flavor of the guavas. However, washing of the fruits before eating was sufficient to remove the off-flavor.

KEY WORDS: Edible coating, Guava, Gelatin, shelf life

1. INTRODUÇÃO

Coberturas filmogênicas comestíveis podem ser utilizadas para inibir a migração da umidade, oxigênio, dióxido de carbono, aromas, lipídeos; introduzir aditivos como antioxidantes, antimicrobianos e aromas, melhorando assim as características intrínsecas, a integridade mecânica e o manuseio de produtos alimentícios recobertos com esse tipo de material (KROCHTA, De MULDER-JOHNSTON, 1997).

A utilização de coberturas de superfície pode exercer efeito semelhante à utilização da estocagem sob atmosfera controlada. Geralmente, o efeito de reduzir a quantidade de O_2 e elevar o teor de CO_2 sobre a taxa de respiração, bem como na síntese de C_2H_4 , são apontados como as causas primárias para os efeitos benéficos da cobertura sobre o armazenamento de frutas e vegetais (KADER 1995). As coberturas exercem seu efeito sobre a permeabilidade da casca a gases pelo bloqueio, em maior ou menor proporção, dos poros da superfície do produto (AMARANTE, BANKS, 1998). Deve-se considerar entretanto que existe um limite mínimo necessário da presença de O_2 abaixo do qual ocorre anaerobiose com acumulação de produtos de fermentação e desenvolvimento de "off-flavors", quando a degradação dos tecidos pode ocorrer (BANKS *et al.* 1993).

Trabalhos recentes estão explorando o potencial das coberturas comestíveis de superfície para manter e estender a qualidade e a vida útil de produtos frescos, bem como para reduzir a quantidade de embalagens descartáveis não-biodegradáveis, incluindo coberturas aplicadas em frutas como: bananas (BANKS 1984), frutas cítricas (HAGENMAIER, BAKER, 1993), maçãs (BANKS *et al.*, 1985), mangas (DHALLA, HANSON, 1988), peras (AMARANTE *et al.* 1997), abacates (JOHNSTON, BANKS, 1998), morangos (GARCIA *et al.*, 1998) e goiabas (OLIVEIRA, CEREDA, 1999).

A goiaba é uma fruta tropical climatérica, apresentando em seu processo de amadurecimento uma elevação da taxa respiratória e da produção de etileno que

por sua vez modula a velocidade de amadurecimento da fruta (KADER 1994, REYS e PAULL, 1995). Sua vida útil é relativamente curta, dificultando a disponibilidade no mercado (YAMASHITA, BENASSI, 1988) podendo levar a perdas significativas pós-colheita e a necessidade de utilização de algumas técnicas como o tratamento com fungicidas, o controle de temperatura e umidade na armazenagem e a aplicação de coberturas para regular trocas gasosas e assim aumentar seu potencial de consumo (OLIVEIRA, CEREDA, 1999).

O amadurecimento de frutas é acompanhado por uma série de processos físicos e bioquímicos que resultam em síntese e degradação de pigmentos, conversão de amido em açúcar, perda de firmeza, produção de voláteis e aumento na respiração de frutas climatéricas (ANDREWS, LI, 1994). Parâmetros físico-químicos e alterações sensoriais são usualmente empregadas para acompanhar a bioquímica do amadurecimento ou para avaliar os processos de preservação (CARVALHO, 1999).

A estocagem e avaliação da vida útil sob condições refrigeradas de goiabas brancas "Kumagai" recobertas com gelatina associada à triacetina e ácido láurico e a mistura de ambos, em relação a um padrão sem recobrimento e seu efeito sobre os frutos armazenados foram os objetivos desse trabalho. Entre os parâmetros físico-químicos, foram analisados a acidez titulável, pH, sólidos solúveis e totais, umidade, açúcares totais, redutores, perda de massa, cor da casca e dureza das frutas, mantidas refrigeradas a 12^o C e 42 - 80% de umidade relativa, a cada quatro dias durante 20 dias. O primeiro teste de avaliação sensorial, após o procedimento de cobertura e estocagem, foi efetuado na mesma periodicidade, sendo avaliados os parâmetros aparência global, cor e intenção de compra para a determinação da vida útil das goiabas. No segundo teste, foi feita a avaliação do sabor, sendo analisados os parâmetros de aroma, sabor, textura e intenção de compra das goiabas recobertas e do padrão sem cobertura, com a degustação feita no 9^o dia de estocagem refrigerada. Para esse último ensaio foram também avaliadas as goiabas recobertas após serem submetidas a uma lavagem com água.

2. METODOLOGIA

Foram utilizadas goiabas brancas da variedade Kumagai, provenientes de uma plantação localizada no distrito de Barão Geraldo, Campinas - SP. As goiabas foram colhidas no estágio "verde maduro" e imediatamente transportadas para o início do processamento. Inicialmente, as goiabas foram lavadas e higienizadas com solução de hipoclorito de sódio, na concentração estipulada pelo fabricante (Biocloro, SP). A seleção para formação do lote foi feita levando em consideração a cor das frutas como índice de maturação, presença de machucados na fruta e o tamanho, de maneira a estabelecer um lote homogêneo. Todas as goiabas fora do padrão foram descartadas, ao final da seleção, o lote continha 72 goiabas para os testes físico-químicos. O procedimento foi repetido para a preparação das goiabas para a avaliação sensorial, com tamanho de lote igual a 300 goiabas.

Na preparação das soluções filmogênicas foi utilizada gelatina Tipo A, Bloom 244, GAP 6, cedida pela indústria LEINER DAVIS GELATIN, ácido láurico (Vetec Química Fina) e triacetina cedida pela RHODIA Foods

2.1 Cobertura de gelatina e triacetina.

A cobertura foi obtida hidratando-se gelatina (GEL) em água destilada (1g de GEL/10ml de água destilada), por 1h. Após este período, a solução foi aquecida em banho-maria a 70 °C por 10 minutos. Acrescentou-se a triacetina (TRI), sob agitação magnética para a homogeneização da amostra, na concentração de 5% em relação ao peso da GEL, de maneira suave para evitar a formação de bolhas na amostra, sendo mantido o pH natural da solução.

2.2 Cobertura de gelatina e ácido láurico.

A hidratação da GEL foi feita da maneira descrita acima. Após a hidratação da GEL, foi adicionado ácido láurico (AL) na concentração de 15% em relação ao peso da GEL no sistema aquecido 80°C/ 10 minutos. Após solubilização da GEL e

do ácido foi feita a homogeneização do sistema em agitador magnético, mantendo o pH natural da solução.

2.3 Cobertura de gelatina, triacetina e ácido láurico.

Essa cobertura foi preparada acrescentando-se 5% de TRI à cobertura descrita acima.

2.4 Recobrimento das goiabas

As goiabas foram recobertas pela técnica de imersão, permanecendo 1 minuto na solução mantida líquida por aquecimento periódico. Após esse período as goiabas recobertas foram mantidas suspensas através do pedúnculo para a retirada do excesso e para a secagem da cobertura. Quantidade de solução de recobrimento suficiente para a total imersão da goiaba foi preparada. As frutas secaram à temperatura ambiente (25 °C), durante 24h, sendo preparados 4 lotes (18 goiabas/lote) de frutas correspondentes a cada tratamento estudado. No tratamento 1, as goiabas frescas sem cobertura funcionaram como controle. No tratamento 2, as goiabas foram imersas na solução formadora do filme de gelatina e triacetina (GEL/TRI). No tratamento 3, as goiabas foram imersas na solução formadora de filme de gelatina e ácido láurico (GEL/AL). No tratamento 4, as goiabas foram imersas na solução formadora do filme de gelatina, triacetina e ácido láurico (GEL/TRI/AL). Após a secagem, os frutos foram acondicionados em bandejas plásticas e mantidos sob refrigeração à temperatura de 12^o C e 42 - 80% de umidade relativa para o estudo de vida útil durante 20 dias com retiradas de amostras no 1^o, 4^o, 8^o, 12^o, 16^o e 20^o dia de duração do experimento, com reposicionamento das bandejas. O mesmo procedimento de cobertura foi adotado para a preparação das frutas a serem avaliados sensorialmente.

2.5 Parâmetros físico-químicos

2.5.1 Perda de massa

As goiabas foram pesadas em balança semi-analítica nos dias 1,4,8,12,16 e 20, para o cálculo da perda de massa.

2.5.2 Dureza

A dureza das goiabas foi determinada em texturômetro TA.XT2 (Stable Micro System, Haslemre, UK), através da medida da força de compressão usando-se “probes” cilíndricos de 1 e 5 cm de diâmetro. A separação inicial do “probe” e sua velocidade foram de 50 mm e 1 mm/s, respectivamente, e a distância de penetração foi de 75% da fruta. As medidas de textura das goiabas foram tomadas com 1, 4, 8, 12, 16 e 20 dias de armazenamento. Fatias centrais de 4 cm com superfícies planas foram retiradas das goiabas para o ensaio. Determinou-se a dureza tanto do recheio (sementes) da fruta como de sua polpa incluindo o recheio.

2.5.3 Cor

As análises de cor foram realizadas diretamente sobre a superfície da fruta, utilizando-se o colorímetro Hunterlab (Colorquest II, Fairfax, VA, USA). Foram determinados os parâmetros L^* , a^* e b^* durante a estocagem, utilizando-se 3 goiabas de cada tratamento, com medidas feitas em replicatas nos dois lados da fruta (cinco repetições de cada lado) para gerar uma média de cada tratamento e em cada tempo avaliado. As goiabas utilizadas para as medidas de cor foram as mesmas durante toda a estocagem.

2.5.4 Sólidos solúveis

A determinação do teor de sólidos solúveis foi realizada utilizando-se o método 13.6.1 do INSTITUTO ADOLPHO LUTZ (1976). As amostras foram

trituradas e homogeneizadas para a quantificação do teor de sólidos e as análises feitas em triplicatas, utilizando-se refratômetro Carl Zeiss (JENA, Alemanha).

2.5.5 pH

A determinação do pH foi feita após a homogeneização das amostras em triplicatas, utilizando pHmetro DM 20 (Digimed, S.P.), segundo método 13.010, AOAC (1984).

2.5.6 Acidez total titulável

A acidez foi determinada utilizando-se uma alíquota de 10 g do homogeneizado completado a 100 ml com água destilada e posterior titulação com NaOH 0.1 N até o ponto final de pH igual a 8,1. A acidez total titulável foi expressa em g de ácido cítrico por 100g de fruta, sendo as determinações feitas em triplicata (método 942.15, AOAC, 1997).

2.5.7 Umidade e sólidos totais

Os teores de umidade e sólidos totais das goiabas foram determinados em triplicata, utilizando-se estufa a vácuo a 70°C até peso constante (método 920.151, AOAC, 1997).

2.5.8 Açúcares redutores e totais

Os teores de açúcares redutores e totais foram determinados através dos métodos 4.13.2 e 4.13.3 do INSTITUTO ADOLPHO LUTZ (1976).

2.6 Avaliação sensorial

Para a avaliação sensorial da vida útil das goiabas, os consumidores avaliaram quatro diferentes amostras de goiaba: amostra 1: goiaba controle; amostra 2: com a cobertura de GEL/TRI; amostra 3; com a cobertura de GEL/AL e amostra 4: com a cobertura de GEL/TRI/AL.

A avaliação sensorial das goiabas, durante o experimento de vida útil, foi feita por 40 provadores na faixa etária de 18 a 45 anos de idade. As goiabas foram avaliadas após 1, 4, 8, 12, 16 e 20 dias de estocagem sob refrigeração, mantendo-se os mesmos provadores para todas as sessões. Os atributos analisados foram: aparência global, cor, brilho e intenção de compra. As goiabas foram servidas monadicamente, codificadas com três dígitos e apresentadas inteiras, com pedúnculo, em prato branco sobre mesa também branca. A ordem de apresentação das mesmas e o número de provadores seguiu o delineamento proposto por MACFIE, BRATCHELL (1989), que considera o balanceamento dos efeitos “first-order, carry-over”.

A avaliação sensorial do sabor das goiabas com cobertura em relação ao controle foram feitas após 9 dias de estocagem sob refrigeração. Para esse ensaio foram também testadas goiabas envoltas pelas soluções filmogênicas e lavadas em água corrente antes de serem servidas. Para a degustação das goiabas, foram removidas a parte superior e inferior (aproximadamente 1 cm de cada lado) sendo o restante cortado longitudinalmente em 8 pedaços iguais, de forma que cada amostra continha uma parte central, uma parte da polpa e a casca onde a cobertura estava aderida. Para cada provador foram servidas 7 amostras (os quatro tratamentos originais mais as amostras lavadas) também codificadas com três dígitos e servidas monadicamente em cabines sensoriais individuais refrigeradas, com iluminação vermelha. A ordem de apresentação das amostras e o número de provadores (42 consumidores) seguiram o delineamento de WAKELING, MACFIE (1995), que também considera o balanceamento dos efeitos “first-order, carry-over”.

Para as avaliações sensoriais os provadores avaliaram o quanto gostavam ou desgostavam das amostras através de uma escala hedônica de nove pontos, com os extremos correspondendo a “desgostei extremamente” e “gostei extremamente”. Somente para a avaliação da “intenção de compra” foi utilizada escala hedônica de 5 pontos, onde os extremos correspondiam a “certamente não compraria” e “certamente compraria”.

2.7 Análise estatística

O programa Statistica® 5.5 (Stasoft, USA) foi usado para calcular as análises de variância (ANOVA) e o teste de Tukey empregado para determinar as diferenças entre as médias das avaliações físico-químicas das goiabas e das avaliações sensoriais no intervalo de 95% de confiança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Perda de Massa

As coberturas foram utilizadas visando controlar a perda de água e, conseqüentemente, de massa das goiabas durante o armazenamento. Essa perda representa um dos maiores problemas na armazenagem, com implicações sobre o sabor, cor e a textura (BEN-YEHOSHUA, 1985). Frutas com cobertura apresentaram uma maior retenção da água na fruta que a goiaba controle (Figura 3). Enquanto a fruta controle perdeu 21% de umidade durante o armazenamento, as frutas cobertas perderam no máximo 13% de umidade em relação ao peso inicial (GEL/TRI/AL). A menor perda foi observada para a cobertura contendo GEL/AL onde a perda após o período de estocagem atingiu 10%, metade daquela observada para o controle. Maior perda de massa entre as coberturas observadas para GEL/TRI/AL estão correlacionadas às características de permeabilidade dos filmes onde a pressão do vapor de água do filme de GEL/TRI/AL >> GEL/AL, GEL/TRI (FAKHOURI *et al.*, 2002, dados não publicados). De acordo com DALAL, (1971), citado por TAVARES, (1993), os valores aceitáveis para esse tipo de perda em goiabas, se encontram entre 10 e 15%. Considerando esta referência as goiabas recobertas mostraram-se adequadas para o consumo até o final do experimento, enquanto o controle ultrapassa esse limite após o 12º dia. De acordo com OLIVEIRA, CEREDA, (1999) goiabas recobertas com película de fécula de mandioca, em concentrações de 1% e 2%, mantiveram-se em condições ótimas para o consumo, levando em consideração a perda de massa, até o 8º e 9º dias de estocagem à temperatura ambiente, respectivamente. Os autores também

observaram que as goiabas recobertas com cera de carnaúba comercial Sta-Fresh® (FMC), mantiveram-se em condições ótimas para consumo até o 16º dia.

A perda de massa deve ser estudada em conjunto com outros parâmetros para a avaliação do processo de amadurecimento. Em casos extremos, a barreira à saída de água também pode impedir a troca de gases, bloqueando com isso o processo de maturação e conduzindo à anaerobiose das frutas.

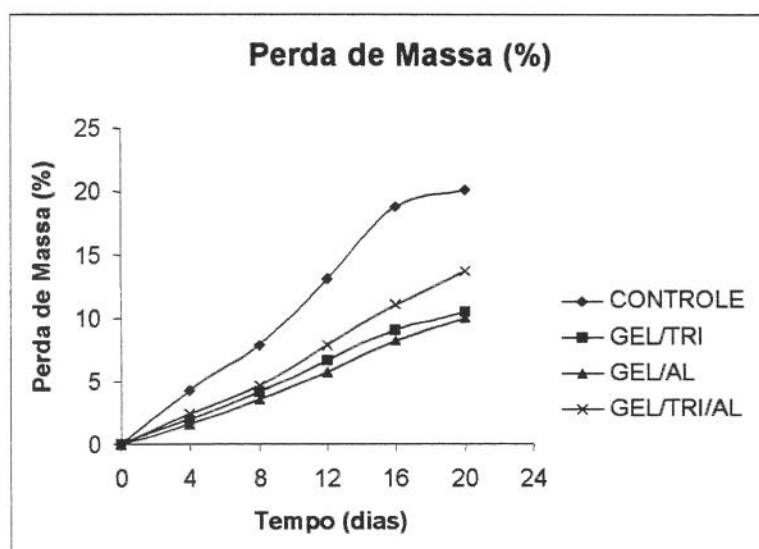


Figura 3. Perda de massa das goiabas durante 20 dias de armazenamento.

3.2 Retenção da Dureza

As três soluções filmogênicas utilizadas se mostraram mais eficientes na retenção da dureza do que a fruta controle, tanto na avaliação utilizando polpa e recheio (Figura 4a) quanto na avaliação utilizando somente o recheio (Figura 4b) especialmente quanto à medida de dureza na polpa + recheio. As medidas de dureza foram feitas na polpa + recheio a partir do 12º dia de armazenamento, pois antes disso a capacidade do texturômetro foi insuficiente para provocar deformação na polpa o que requereu a medida da textura do recheio da goiaba desde o primeiro dia (Figura 4). A diferença da dureza entre o controle e os tratamentos com cobertura pareceu melhor discriminada quando a medida da dureza foi realizada na polpa + recheio (Figura 6) em relação à medida

considerando somente o recheio (Figura 5) , como consequência da presença das sementes.

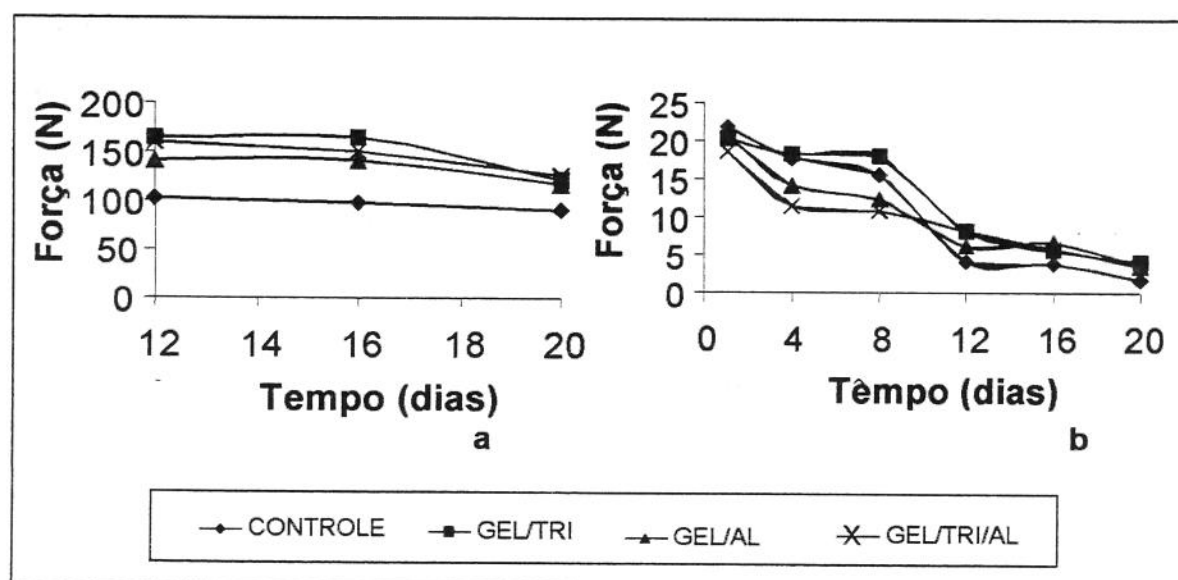


Figura 4. Dureza da goiaba: a .Medida considerando polpa + recheio, b. Medida considerando somente o recheio.

O filme que apresentou a melhor retenção da dureza foi o de GEL/TRI, tanto nos testes usando recheio quanto naqueles usando polpa + recheio. Foi também observada uma diminuição acentuada da dureza do recheio da goiaba em função do tempo de armazenagem, devido ao amadurecimento e senescência dos frutos. CARVALHO, (1999) utilizando embalagem selada e perfurada para armazenamento de goiabas a temperatura ambiente e 70% de umidade relativa durante 10 dias, observou que as frutas sem embalagem e as embaladas em filme perfurado não apresentaram diferença significativa quanto à dureza, enquanto as embaladas com filme selado, por suas propriedades seletivas de barreira a gases, apresentou a partir do 6º dia uma dureza mais firme que os outros tratamentos. Por outro lado, OLIVEIRA, CEREDA, (1999) utilizando goiabas recobertas com cobertura de fécula de mandioca, a temperatura ambiente, não observaram diferença na dureza entre os tratamentos.



Figura 5. Dureza medida no recheio da goiaba.



Figura 6. Dureza medida na polpa + recheio da goiaba.

3.3 Cor

A variação de cor foi calculada através do ΔE^* ($\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{0.5}$), nos diversos intervalos de tempo, sempre em relação aos valores obtidos no primeiro dia de estocagem, para cada tratamento. A Figura 8 apresenta os resultados obtidos. Pode-se observar que os valores de ΔE^* aumentaram com o tempo para todos os tratamentos, incluindo o controle sem cobertura, indicando o amadurecimento das frutas ao longo da armazenagem. De acordo com CHITARRA, CHITARRA, (1990) as modificações na coloração das frutas com a maturação são devidas a processos degradativos ou sintéticos, sendo um dos principais critérios de julgamento para o amadurecimento de frutas e hortaliças.

O aumento da relação b^*/a^* (Figura 7), também é um indicativo do processo de amadurecimento.

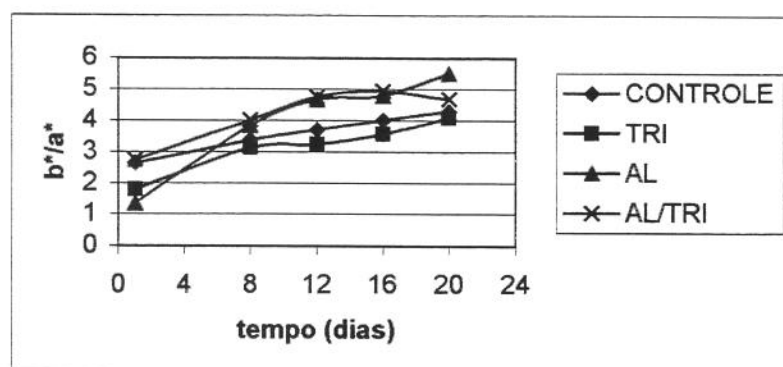


Figura 7. Evolução de b^*/a^* durante a estocagem refrigerada.

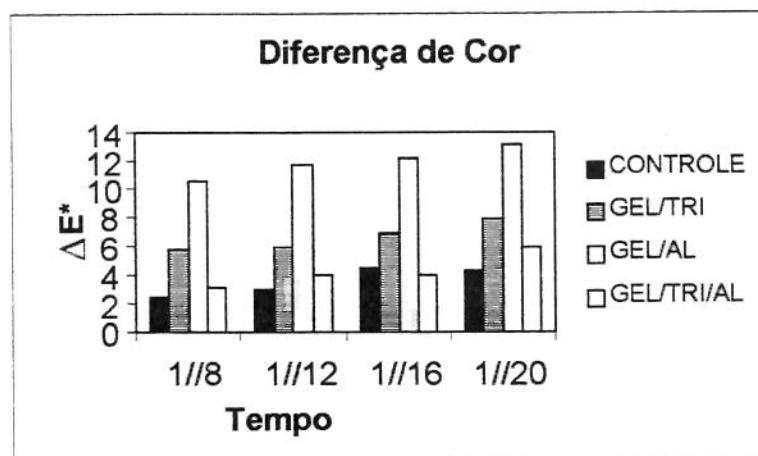


Figura 8. Evolução da cor durante a estocagem refrigerada medida através de ΔE .

3.4 Parâmetros físico-químicos

O teor de sólidos totais do controle aumentou durante a armazenagem (Tabela 7). Diferenças significativas foram observadas para o controle sem cobertura entre o primeiro e o vigésimo dia, enquanto que para os tratamentos com cobertura os valores não foram significativamente diferentes apesar de uma tendência do aumento dos sólidos totais. O teor de umidade, por outro lado, diminuiu em concordância com a perda de peso observada.

Todos os tratamentos apresentaram variações mínimas de pH, comportamento também observado para as frutas controle. Pequena variação de pH pode ter resultado do efeito tamponante da presença simultânea de ácidos orgânicos e seus sais, o que impediria que o acréscimo na acidez total titulável alterasse significativamente os valores de pH (LENINGER, 1990). Nos trabalhos de OLIVEIRA, CEREDA, (1999) e CARVALHO (1999) não foram identificadas diferenças significativas de pH entre os tratamentos, e as faixas de variação observadas variaram respectivamente entre 3,96 – 4,29 e 3,76 – 3,90. Os resultados obtidos nesse trabalho variaram na mesma faixa observada por OLIVEIRA, CEREDA, (1999).

Pequeno acréscimo da acidez titulável foi observado para o controle, enquanto que os tratamentos com cobertura apresentaram variações mínimas no intervalo de estudo em concordância com o comportamento do pH entre os diversos tratamentos estudados (Tabela 7). Esse comportamento foi também observado por CARVALHO, (1999) onde o controle se mostrou mais ácido que as frutas mantidas nas embalagens seladas. YAMASHITA, BENASSI (2000) também observaram uma tendência de aumento da acidez titulável dos frutos controle.

Valores de Brix (Tabela 8) aumentaram durante a estocagem para as frutas controle. Maiores valores de Brix para a fruta controle localizaram-se entre o 12º e 16º dias de experimento. Para os tratamentos com cobertura, os valores de Brix tenderam a aumentar, porém com menor intensidade em relação ao controle. Os valores para o controle sem cobertura variaram de 9,5 a 12,0º Brix, enquanto que, para os tratamentos com cobertura os valores de Brix variaram entre 9,5 e 10,5º Brix. No estudo efetuado por CARVALHO (1999), os frutos controle também apresentaram teores mais elevados de sólidos solúveis totais em relação aos frutos embalados.

Os teores de açúcares totais e redutores apresentaram um pequeno decréscimo entre os valores do primeiro e do quarto dia de armazenamento. Esse comportamento pode ter refletido uma adaptação do fruto imediatamente após sua colheita. Após o 4º dia, ocorreu um aumento significativo desses teores até o final do experimento em todos os tratamentos estudados, incluindo o tratamento controle (Tabela 8), efeito também observado por CARVALHO, (1999). Esse comportamento é usualmente observado no processo de amadurecimento dos frutos (CHITARRA, CHITARRA, 1990). Maior crescimento do teor de açúcares totais foi observado para o controle, em concordância com a maior variação de °Brix, durante a estocagem.

Enquanto entre os parâmetros físico-químicos a perda de massa, a variação da dureza (polpa + recheio), teor de sólidos totais e umidade mostraram-se mais eficientes para avaliar as diferenças entre os tratamentos, os outros

parâmetros (Brix, pH, acidez titulável), foram menos sensíveis para o acompanhamento da estocagem e das diferenças entre os tratamentos.

Tabela 7. Sólidos totais, umidade, pH e acidez titulável dos frutos armazenados.

DIAS	CONTROLE	GEL/TRI	GEL/AL	GEL/TRI/AL
Sólidos Totais (%)				
1°	12,72 ± 0,31 ^d	13,14 ± 0,15 ^a	13,10 ± 0,22 ^a	13,26 ± 0,00 ^a
4°	12,92 ± 0,06 ^d	13,06 ± 0,20 ^a	13,48 ± 0,61 ^a	13,08 ± 0,50 ^a
8°	14,26 ± 0,09 ^c	13,91 ± 0,32 ^a	15,42 ± 0,50 ^a	13,18 ± 0,43 ^a
12°	14,40 ± 0,02 ^b	13,32 ± 0,07 ^a	14,68 ± 0,16 ^a	14,63 ± 0,27 ^a
16°	15,71 ± 0,37 ^a	14,78 ± 0,55 ^a	14,72 ± 0,51 ^a	14,65 ± 0,13 ^a
20°	16,31 ± 0,00 ^a	14,57 ± 1,15 ^a	14,51 ± 0,64 ^a	14,10 ± 0,25 ^a
Umidade (%)				
1°	87,28 ± 0,31 ^a	86,19 ± 0,15 ^a	86,90 ± 0,22 ^a	86,74 ± 0,00 ^a
4°	87,08 ± 0,06 ^a	86,94 ± 0,20 ^a	86,52 ± 0,61 ^a	86,92 ± 0,39 ^a
8°	85,74 ± 0,09 ^b	86,09 ± 0,32 ^a	84,58 ± 0,50 ^a	86,82 ± 0,43 ^a
12°	85,60 ± 0,02 ^c	86,68 ± 0,07 ^a	85,32 ± 0,16 ^a	85,37 ± 0,27 ^a
16°	84,29 ± 0,37 ^d	85,22 ± 0,55 ^a	85,28 ± 0,51 ^a	85,35 ± 0,13 ^a
20°	83,69 ± 0,00 ^d	85,43 ± 1,15 ^a	85,49 ± 0,64 ^a	85,90 ± 0,25 ^a
pH				
1°	4,17 ± 0,00 ^a	4,08 ± 0,00 ^{ab}	4,04 ± 0,00 ^b	4,09 ± 0,01 ^a
4°	3,98 ± 0,01 ^c	4,06 ± 0,01 ^b	4,01 ± 0,10 ^c	4,00 ± 0,00 ^d
8°	3,92 ± 0,01 ^d	4,02 ± 0,01 ^c	4,02 ± 0,00 ^c	3,98 ± 0,01 ^d
12°	3,84 ± 0,02 ^c	3,99 ± 0,00 ^d	3,92 ± 0,00 ^d	3,95 ± 0,00 ^e
16°	3,84 ± 0,02 ^e	3,97 ± 0,00 ^d	4,09 ± 0,00 ^a	4,03 ± 0,01 ^c
20°	4,07 ± 0,01 ^b	4,09 ± 0,01 ^a	4,09 ± 0,00 ^a	4,06 ± 0,00 ^b
Acidez Titulável (g de ácido cítrico anidro/100g)				
1°	0,49 ± 0,00 ^b	0,50 ± 0,00 ^{bc}	0,49 ± 0,00 ^{bc}	0,46 ± 0,00 ^c
4°	0,51 ± 0,02 ^b	0,52 ± 0,00 ^b	0,54 ± 0,00 ^a	0,49 ± 0,00 ^b
8°	0,53 ± 0,00 ^{ab}	0,54 ± 0,00 ^a	0,53 ± 0,01 ^a	0,48 ± 0,01 ^b
12°	0,51 ± 0,00 ^{ab}	0,50 ± 0,00 ^{bc}	0,52 ± 0,00 ^{ab}	0,47 ± 0,00 ^c
16°	0,55 ± 0,00 ^a	0,53 ± 0,00 ^a	0,46 ± 0,01 ^d	0,51 ± 0,00 ^a
20°	0,52 ± 0,00 ^{ab}	0,49 ± 0,00 ^a	0,48 ± 0,00 ^{cd}	0,46 ± 0,00 ^c

*Média e desvio padrão de triplicatas. ^{a-c} Médias com letras iguais não diferem ao nível de P≤0.05.

Tabela 8. Açúcares totais e açúcares redutores dos frutos armazenados.

DIAS	CONTROLE	GEL/TRI	GEL/AL	GEL/TRI/AL
Açúcares Totais (%)				
1°	5,56 ± 0,28 ^{bc}	6,03 ± 0,36 ^a	6,43 ± 0,26 ^a	6,43 ± 0,16 ^a
4°	4,91 ± 0,19 ^d	5,18 ± 0,35 ^c	4,90 ± 0,26 ^d	4,89 ± 0,16 ^c
8°	4,97 ± 0,12 ^d	4,72 ± 0,09 ^d	5,25 ± 0,19 ^{cd}	5,00 ± 0,22 ^c
12°	5,53 ± 0,15 ^c	5,01 ± 0,10 ^{cd}	5,12 ± 0,11 ^{cd}	5,61 ± 0,11 ^b
16°	5,88 ± 0,22 ^b	5,26 ± 0,46 ^{bc}	5,42 ± 0,24 ^{bc}	4,98 ± 0,14 ^c
20°	6,46 ± 0,21 ^a	5,82 ± 0,15 ^{ab}	5,79 ± 0,56 ^b	5,64 ± 0,25 ^b
Açúcares Redutores (%)				
1°	5,40 ± 0,08 ^a	5,76 ± 0,14 ^a	5,55 ± 0,13 ^a	5,76 ± 0,09 ^a
4°	4,60 ± 0,09 ^{cd}	4,34 ± 0,08 ^{cd}	4,20 ± 0,15 ^d	3,92 ± 0,26 ^d
8°	3,66 ± 0,36 ^e	3,74 ± 0,57 ^d	4,83 ± 0,15 ^{bc}	4,96 ± 0,27 ^b
12°	4,44 ± 0,20 ^d	3,87 ± 0,40 ^d	3,87 ± 0,38 ^d	3,51 ± 0,15 ^e
16°	4,88 ± 0,07 ^{bc}	4,55 ± 0,20 ^{bc}	4,40 ± 0,09 ^{cd}	4,32 ± 0,05 ^c
20°	4,99 ± 0,09 ^b	5,01 ± 0,16 ^b	4,99 ± 0,12 ^b	5,11 ± 0,10 ^b
°Brix				
1°	9,5	10,0	9,5	9,5
4°	10,0	9,5	9,25	9,0
8°	10,0	10,0	10,0	9,75
12°	10,75	10,0	9,75	10,0
16°	12,0	10,5	9,5	10,5
20°	10,5	10,0	10,0	10,0

* Média e desvio padrão de triplicatas. ^{a-c} Médias com letras iguais não diferem ao nível de $P \leq 0.05$.

3.5 Análise sensorial

3.5.1 Avaliação Sensorial para estimativa da vida útil das goiabas estocadas sob refrigeração.

Com relação à aparência global, cor e brilho das amostras, foi observada boa aceitação para todos os tratamentos estudados no primeiro dia de avaliação (Tabela 9). Entretanto, já nesse dia, diferenças significativas entre as frutas controle e os outros tratamentos estudados foram observadas. Para todos os parâmetros estudados, a pior avaliação foi dada para a fruta sem cobertura que também apresentou a queda mais acentuada nas notas entre o 1º e o 20º dia (Figura 9 a, b, c e d).

As coberturas causaram um aumento no brilho da goiaba em relação ao controle, sendo esse efeito valorizado pelo provador e influenciando de maneira positiva a avaliação “aparência global da amostra”. As formulações contendo ácido láurico apresentaram menores notas para o “brilho” que a cobertura contendo GEL/TRI (Tabela 9).

Goiabas cobertas com GEL/TRI apresentaram a melhor avaliação para todos os parâmetros considerados (Figura 9 a, b, c e d) em todos os dias da avaliação sensorial ao longo do tempo. Nesse tratamento, somente no 20º dia de avaliação foi observado um pequeno decréscimo na pontuação dada pelos provadores, correspondendo sensorialmente à mudança de 8-9 para 7-8 (Tabela 9). A segunda maior avaliação foi obtida pela fruta coberta com GEL/AL, sendo a diferença de pontuação entre GEL/TRI e GEL/AL muito maior do que entre GEL/AL e GEL/TRI/AL.

A vida de prateleira de produtos alimentícios é efetivamente determinada pelos consumidores a partir da recusa de compra do produto, em função das características sensoriais que no momento da compra não satisfazem as expectativas do indivíduo (LABUZA, SCHMIDL, 1988 apud CLEMENTE, 1998). Para a intenção de compra, a nota 2 (provavelmente não compraria) representa o

ponto limite de aceitação do consumidor. Considerando esse limite, as goiabas controle deixaram de apresentar aceitação a partir do 8º dia de armazenamento (Tabela 9). Nos dias subseqüentes, as notas sistematicamente pioraram. Ainda considerando a intenção de compra, todas as coberturas empregadas foram aceitas até o final do armazenamento. As avaliações obtidas para GEL/TRI foram significativamente superiores a todos os outros tratamentos a partir do primeiro dia em relação ao controle, 8º dia em relação GEL/TRI/AL e a partir do 12º dia em relação a GEL/AL (Tabela 9). GEL/TRI foi o único tratamento onde não foi observada diferença significativa entre todos os dias de armazenamento estudados. O nível de atitude de compra variou entre “provavelmente compraria” até “certamente compraria”, indicando a boa aceitação do produto (Tabela 9).

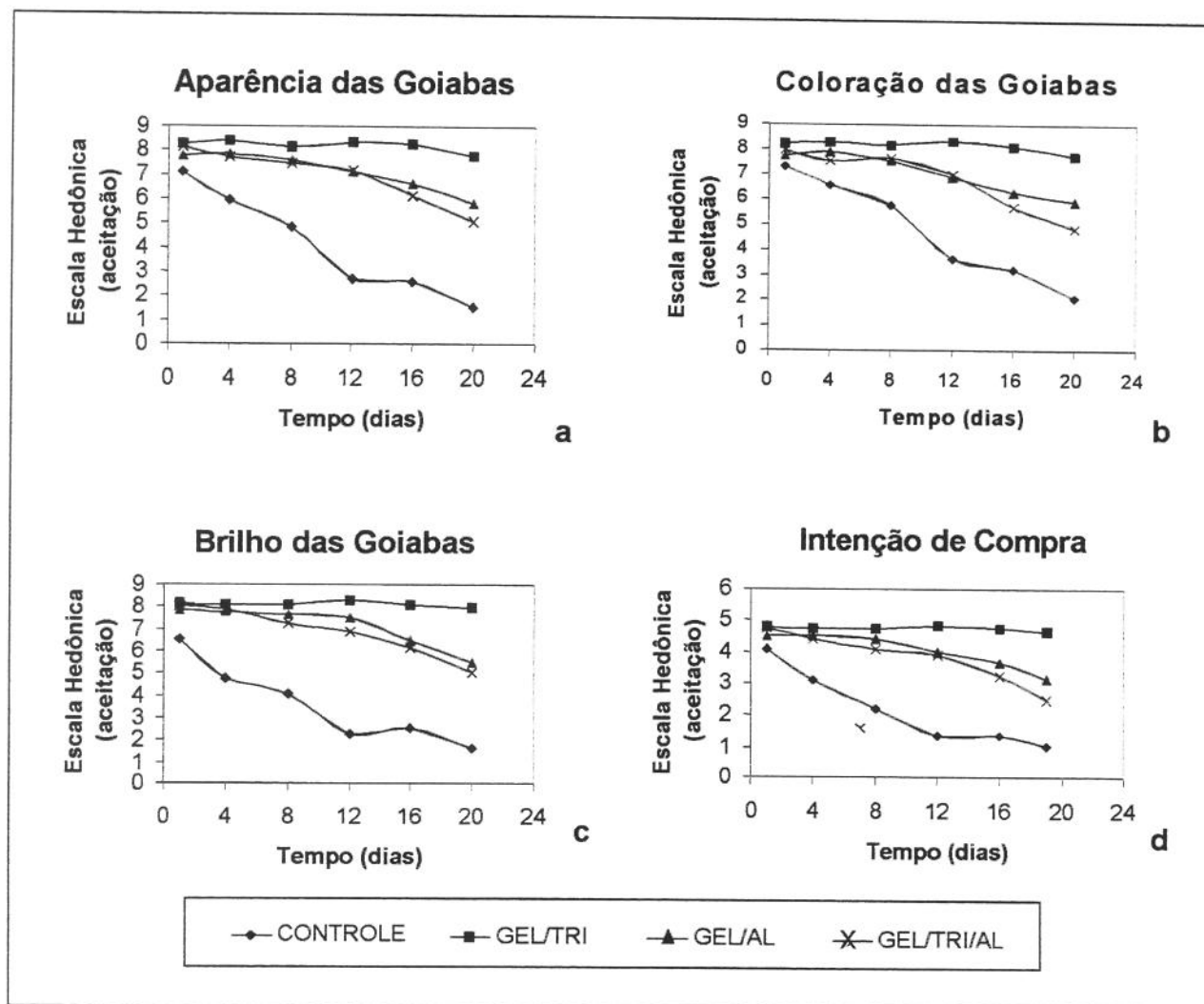


Figura 9. Avaliação Sensorial da vida útil, atributos: a. Aparência, b. Coloração, c. Brilho e d. Intenção de compra.

Tabela 9. Análise Sensorial dos tratamentos.

Tratamentos	Dia 1	Dia 4	Dia 8	Dia 12	Dia 16	Dia 20
Aparência Global						
CONTROLE	7,12 ^{bA}	5,95 ^{cB}	4,85 ^{bC}	2,72 ^{cD}	2,57 ^{cD}	1,55 ^{cE}
GEL/TRI	8,25 ^{aAB}	8,37 ^{aA}	8,15 ^{aAB}	8,35 ^{aA}	8,27 ^{aA}	7,80 ^{aB}
GEL/AL	7,77 ^{aA}	7,85 ^{abA}	7,62 ^{aA}	7,12 ^{bAB}	6,62 ^{bBC}	5,82 ^{bC}
GEL/TRI/AL	8,12 ^{aA}	7,70 ^{bAB}	7,50 ^{aAB}	7,15 ^{bB}	6,10 ^{bC}	5,10 ^{bD}
Cor						
CONTROLE	7,30 ^{bA}	6,55 ^{cAB}	5,77 ^{bB}	3,60 ^{cC}	3,17 ^{cC}	2,10 ^{dC}
GEL/TRI	8,17 ^{aAB}	8,27 ^{aA}	8,15 ^{aAB}	8,30 ^{aA}	8,12 ^{aAB}	7,72 ^{aB}
GEL/AL	7,72 ^{abAB}	7,90 ^{abA}	7,50 ^{aAB}	6,87 ^{bBD}	6,27 ^{bCD}	5,90 ^{bD}
GEL/TRI/AL	7,92 ^{aA}	7,52 ^{bAB}	7,60 ^{aAB}	6,97 ^{bB}	5,72 ^{bC}	4,85 ^{cC}
Brilho						
CONTROLE	6,52 ^{bA}	4,75 ^{bB}	4,02 ^{cB}	2,30 ^{cC}	2,57 ^{cC}	1,65 ^{cC}
GEL/TRI	8,17 ^{aA}	8,10 ^{aA}	8,07 ^{aA}	8,30 ^{aA}	8,10 ^{aA}	7,97 ^{aA}
GEL/AL	7,82 ^{aA}	7,75 ^{aA}	7,60 ^{abA}	7,47 ^{bA}	6,45 ^{bB}	5,50 ^{bC}
GEL/TRI/AL	8,02 ^{aA}	7,92 ^{aA}	7,25 ^{cAB}	6,85 ^{bBC}	6,15 ^{bC}	5,00 ^{bD}
Intenção de Compra						
CONTROLE	4,07 ^{bC}	3,10 ^{bB}	2,22 ^{cC}	1,35 ^{cD}	1,37 ^{cD}	1,05 ^{dD}
GEL/TRI	4,77 ^{aA}	4,72 ^{aA}	4,73 ^{aA}	4,82 ^{aA}	4,72 ^{aA}	4,65 ^{aA}
GEL/AL	4,50 ^{aA}	4,52 ^{aA}	4,40 ^{abA}	3,97 ^{bAB}	3,67 ^{bC}	3,15 ^{bC}
GEL/TRI/AL	4,72 ^{aA}	4,40 ^{aAB}	4,10 ^{bB}	3,87 ^{bB}	3,25 ^{bC}	2,50 ^{cD}

* Média e desvio padrão de triplicatas. ^{a-c} Médias com letras minúsculas iguais, numa mesma coluna, não diferem ao nível de $P \leq 0.05$. ^{A-C} Médias com letras maiúsculas iguais, numa mesma linha, não diferem ao nível de $P \leq 0.05$.

3.5.2 Análise sensorial de sabor

Após a estocagem de nove dias, a avaliação sensorial do sabor das frutas controle, das recobertas e também das recobertas lavadas foi realizada para os atributos aroma, sabor, textura e intenção de compra, após a degustação das amostras. O teste teve a intenção de avaliar a possível incorporação de sabor estranho devido à cobertura e também avaliar se a lavagem seria eficiente para remover possíveis sabores estranhos incorporados pelas coberturas.

A Tabela 10 apresenta os valores médios obtidos para cada atributo. Com relação ao aroma, não foi observada diferença entre os tratamentos, para as goiabas controle, cobertas e lavadas. Apesar de não ter havido diferença significativa, a nota mais alta foi atribuída para o sistema GEL/TRI e as únicas médias inferiores a 7 foram auferidas aos tratamentos onde o ácido láurico estava presente (GEL/AL e GEL/TRI/AL). Quando as frutas foram lavadas antes de provadas, as notas de aroma foram superiores a 7.

Quanto ao sabor, foi observada diferença somente para as amostras contendo ácido láurico (GEL/AL e GEL/TRI/AL), provadas sem o procedimento da lavagem prévia. Quando esse procedimento foi adotado, não foi observada diferença significativa entre os tratamentos utilizados, indicando que a lavagem foi eficiente na remoção do sabor estranho incorporado na cobertura. Entre o total dos provadores, 50% e 38% desgostaram do sabor (1 – 4 na escala hedônica utilizada) e 40% conferiram nota entre 7 - 9 para as coberturas GEL/AL e GEL/TRI/AL respectivamente. (Figura 10a), sendo os comentários mais frequentes: "sabor residual", "sabor estranho" e "amargo na casca". Após a lavagem (Figura 10b) 71% e 73% dos provadores aferiram notas de 7 – 9 para as frutas originalmente cobertas com GEL/AL e GEL/TRI/AL respectivamente, reforçando a eficiência da lavagem, e indicando que o ácido láurico confere algum sabor desagradável à cobertura. Para as goiabas cobertas com GEL/TRI, a porcentagem de provadores conferindo nota entre 7 - 9 foi superior a 80 %, tanto para os frutos não lavados como para os lavados, indicando que esse tipo de

cobertura não influenciou no sabor do fruto. Esse valor foi superior ao obtido pelas amostras sem cobertura, onde 74% dos provadores aferiram notas entre 7 - 9 para o atributo, como pode ser observado nos histogramas das Figuras 10 a e b.

Quanto à textura, não foram observadas diferenças entre todos os tratamentos, incluindo o controle, para as frutas lavadas ou não lavadas (Tabela 10). CARVALHO (1999) observou, por outro lado, que os frutos mantidos em embalagem selada destacavam-se dos demais devido à retenção da textura, observando também maior aceitação entre o 2º e o 6º dia de armazenamento em temperatura ambiente.

Na avaliação das frutas cobertas, as coberturas com ácido láurico (GEL/TRI/AL e GEL/AL) diferiram significativamente no atributo “intenção de compra” em relação ao controle sem cobertura, indicando possivelmente a influência do sabor na avaliação desse atributo. Após a lavagem das frutas, não foi constatada diferença significativa entre todos os tratamentos e a avaliação obtida pelo controle (Tabela 10). Entre os provadores, 65 -70% conferiram nota 4 – 5 nesse atributo para as goiabas controle, GEL/TRI, GEL/TRI lavada, GEL/AL lavada e GEL/TRI/AL lavada (Figuras 11 a e b).

Tabela 10. Médias dos parâmetros sensoriais obtidos na degustação das amostras.

Tratamentos	Aroma	Sabor	Textura	Int.de Compra
CONTROLE	7,07 ^a	7,31 ^a	7,38 ^a	3,95 ^a
GEL/TRI	7,59 ^a	7,64 ^a	7,52 ^a	4,26 ^a
GEL/AL	6,93 ^a	5,14 ^b	6,98 ^a	2,79 ^b
GEL/TRI/AL	6,74 ^a	5,43 ^b	6,76 ^a	2,93 ^b
Frutas Lavadas				
GEL/TRI	7,24 ^a	7,19 ^a	7,26 ^a	4,00 ^a
GEL/AL	7,12 ^a	7,05 ^a	7,33 ^a	4,00 ^a
GEL/TRI/AL	7,12 ^a	6,93 ^a	7,33 ^a	3,90 ^a

* Médias com letras sobrescritas diferentes numa mesma coluna indicam amostras que diferem significativamente ($P < 0.05$) entre si de acordo com a ANOVA e teste de Tukey.

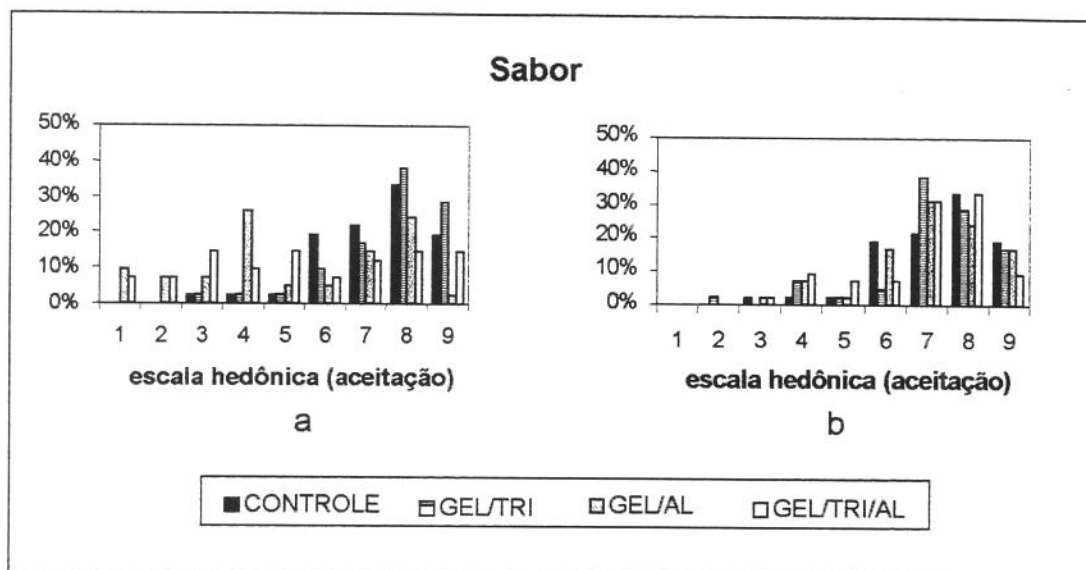


Figura 10. Histogramas de sabor das frutas: a. Sabor das frutas cobertas, b. Sabor das frutas cobertas após lavagem.

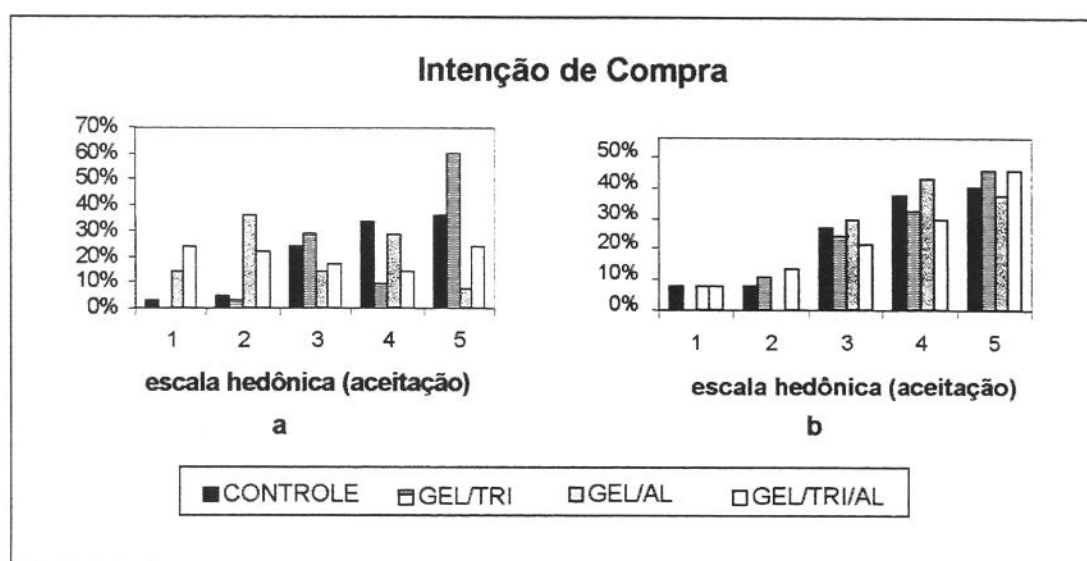


Figura 11. Histograma de “intenção de compra” dos frutos: a. Intenção de compra das frutas cobertas, b. Intenção de compra das frutas cobertas após lavagem.

4. CONCLUSÕES

As coberturas utilizadas mostraram-se eficientes no controle do amadurecimento das goiabas, permitindo estender sua vida útil em relação ao padrão sem cobertura.

Considerando que a perda de massa de até 15% é um valor limite para a vida útil das goiabas, nas condições estudadas a fruta controle ultrapassou esse limite após o 12º dia de estocagem, enquanto que as frutas cobertas garantiram perda de massa inferior a 15% até o último dia de estocagem estudado, aumentando a vida útil em 8 dias.

Considerando os parâmetros sensoriais, especialmente a intenção de compra, a goiaba controle apresentou uma vida útil de 8 dias. As frutas cobertas foram aceitas até o final do experimento, representando assim um aumento de 12 dias de extensão da vida útil quando esse parâmetro é considerado.

A cobertura de gelatina e triacetina não influenciou na aceitação em função do sabor quando comparada à fruta controle, enquanto que as coberturas contendo ácido láurico acrescentaram sabor não característico, detectado pelos provadores, obtendo menor aceitação. Entretanto, após a lavagem das frutas tratadas antes da degustação, não houve diferença de aceitação em relação ao controle, possibilitando a utilização dessas coberturas com a lavagem anterior ao consumo.

Dentre as coberturas estudadas, as frutas recobertas com gelatina e triacetina foram as que obtiveram uma melhor aceitação global até o último dia de estocagem avaliado, preservando o brilho, a cor e a aparência das goiabas. Essa cobertura mostrou-se mais eficiente na preservação dos parâmetros físico-químicos.

A avaliação sensorial mostrou maior discriminação entre os tratamentos em relação ao controle do que os parâmetros físico-químicos.

Todas as coberturas provocaram um aumento no brilho das goiabas, o que agradou os consumidores, levando a uma maior aceitação da aparência global da amostra.

Além da caracterização dos filmes a serem posteriormente utilizados como coberturas, do estudo dos parâmetros físico-químicos e sensoriais das frutas recobertas durante a estocagem, deve ser realizada a mensuração das trocas gasosas efetivas para se obter uma avaliação integral da utilização de coberturas filmogênicas na extensão da vida útil e do melhor aproveitamento pós-colheita de frutas tropicais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE, C., BANKS, N. H., SILVA, G. Gas exchange and ripening behaviour of coated pears. p 193-202. In: **Proc. Australian Postharvest Horticulture Conference**, Univ. Western Sidney. Hawkesbury, NSW, Australia, 1997.
- AMARANTE, C., BANKS, N. H. Postharvest physiology and quality of coated fruits and vegetables. **Horticulture Reviews**, **26**: 161-238, 2001.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods as analysis of the association of official analytical chemistry**. 14^a. ed. Washington, 1984.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods as analysis of the association of official analytical chemistry**. 16^a. ed. Washington, 1997.
- ANDREWS, P.K., LI, S. Partial purification and characterization of β - D - galactosidase from sweet cherry, a nonclimateric fruit. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, **42**: 2177-2182, 1994.
- BANKS, N. H. Studies of the banana fruit surface in relation to the effect of TAL Pro-long coating onf gaseous exchange. **Scientia Hort.**, **24**: 279-286, 1984.
- BANKS, N. H., DADZIE, B. K., CLELAND, J. Reducing gas exchange of fruits with surface coatings. **Postharv. Biol. Technol.**, **3**: 269-284, 1993.
- BANKS, N. H., ELIATEM, S. M. and HAMMAT, M.T. The oxygen affinity of ethylene production by slices of apple fruit tissue. **Acta Hort.**, **157**: 257-260, 1985.
- BEN-YEHOSHUA, S. Individual seal-packaging of fruit and vegetables in plastic film – a new posthasrvest technique. **HortScience**, **20**: 32-37, 1985.

- CARVALHO, H. A. **Utilização de atmosfera modificada na conservação pós – colheita da goiaba “Kumagai”**. Lavras, 1999, 115 p. (Doutorado), Escola de Agronomia de Lavras, Universidade Federal de Lavras.
- CHITARRA, M. I. F., CHITARRA, A.B. **Pós-Colheita de frutas e hortaliças. Fisiologia e manuseio**. 1ª Ed., Lavras, 1990, 320 p.
- CLEMENTE, E. S. **Caracterização química, nutricional, física e sensorial dedois cultivares de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *itálica* baron e *Brassica oleracea* L. var. *itálica* ramoso – Piracicaba) : um estudo de vida-de-prateleira**. Campinas, 1998, 169 p. (Mestrado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- DHALLA, R., HANSON, S. W. Effect of permeable coatings on the storage life of fruits. II. Pro-long treatment of mangoes (*Mangifera indica* L. cv. Julie). **Int. J. Food Sci. Technol.**, 23:107-112, 1988.
- GARCIA, M. A., MARTINO, M. N., ZARITZKI, N. E. Starch – based coatings: effect on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality. **J. Sci. Food Agric.** , 76: 411-420, 1988.
- HAGENMAIER, R. D., BAKER, R. A. Reduction in gas exchange of citrus fruit by wax coatings. **J. Agr. Food Chem.**, 41: 283-287, 1993.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas: métodos químicos e físico-químicos para análise de alimentos**. 2ª. Ed., São Paulo, 1976, v.1, 371 p.
- JOHNSTON, J. W., BANKS, N. H. Selection of a surface coating and optimization of its concentration for use on “Hass” avocado (*Persea amarica Milli*) fruit. **New Zealand J. Crop. Hort. Scie**, 26: 143-151, 1988.
- KADER, A. A. Fruit maturity, ripening & quality relationships. **Pereshables Handling Newsletter Issue**, 8:2, 1994.

KADER, A. A. Regulation of fruit physiology by controlled modified atmospheres. **Acta Horticulturae**, **398**:59-67, 1995.

KROCHTA, J. M., De MULDER-JOHNSTON, C. Edible and biodegradable polymer films. Challenges and opportunities. **Food Technol.**, **51**: 61-74, 1997.

LENINGER, A. L. **Princípios de bioquímica**. São Paulo, Ed. Sérvier, 8ª impressão, 1993, 725 p.

MACFIE, H. J., BRATCHELL, N. Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effect in hall tests. **Journal of Sensory Studies**, **4**: 129-148, 1989.

OLIVEIRA, M. A., CEREDA, M. P. Efeito da película de mandioca na conservação de goiabas. **Brazilian Journal of Food Technology**, **2**: 97-102, 1999.

REYS, M. V., PAULL, R. E. Effect of storage temperature and ethylene treatment on guava (*Psidium guajava* L.) fruit ripening. **Postharvest Biology and Technology**, **6**: 357-365, 1995.

WAKELING, I. N., MACFIE, H. J. Designing consumer trials balanced for first and higher orders of carry-over effect when only a subset of K samples from t may be tested. **Food Quality and Preference**, **6**: 299-308, 1995.

YAMASHITA, F., BENASSI, M. T. Influência de diferentes embalagens de atmosfera modificada sobre a aceitação de goiabas brancas de mesa (*PSIDIUM GUAJAVA*, L. var. KUMAGAI) mantidas sob refrigeração. **Alim. Nutr.**, **9**: 9-16, 1998.

YAMASHITA, F., BENASSI, M. T. Influência da embalagem de atmosfera modificada e do tratamento com cálcio na cinética de degradação de ácido ascórbico e perda de massa em goiabas (*Psidium guajava* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, **20**: 27-31, 2000.

Capítulo 4. Análise Sensorial de Goiabas Refrigeradas Recobertas com Gelatina, Triacetina e Ácido Láurico; Resultados e Discussão Complementares.

1. INTRODUÇÃO

O sucesso de um produto alimentício no mercado está diretamente ligado à aceitação do mesmo pelo consumidor, o que também determina seus padrões de qualidade (MUÑOZ *et al.*, 1992). De acordo com FU, LABUZA (1993), a vida de prateleira de um alimento tem sido determinada através de testes sensoriais de aceitação, onde, segundo LABUZA, SCHMIDL (1988), em CLEMENTE (1998), o parâmetro avaliado é a queda da aceitação do produto durante o armazenamento, medida através de uma escala hedônica que avalia o quanto o consumidor “gosta” ou “desgosta” do produto nos diferentes tempos de armazenamento. Para esses mesmos autores, a determinação da vida útil de produtos alimentícios é obtida pela recusa de compra de um produto, em função das suas características sensoriais.

A avaliação da qualidade e a aceitação do produto também estão diretamente ligadas à sua cor e aparência (LITTLE, 1975), onde a última freqüentemente influencia a atitude de compra (BAARDESTH, 1988).

Considerando que o terceiro capítulo (Vida útil de Goiabas Refrigeradas Recobertas com Gelatina, Triacetina e Ácido Láurico) foi montado na forma de artigo submetido para publicação e, considerando as limitações em incluir todos os dados relevantes, como a documentação fotográfica do experimento, o objetivo desse capítulo foi complementar a determinação da vida de prateleira de goiabas brancas e sua aceitação quanto às propriedades sensoriais com as informações

disponíveis ainda não utilizadas. Os atributos sensoriais avaliados neste trabalho incluíram: aparência global, cor, brilho e intenção de compra, avaliados de quatro em quatro dias, durante vinte dias de estocagem, além da degustação das amostras, realizada no 9º dia de armazenamento, onde os atributos sensoriais avaliados foram: aroma, sabor, textura e intenção de compra, para as amostras cobertas, lavadas e para a fruta controle.

2. METODOLOGIA

Os materiais e os métodos utilizados na preparação das goiabas recobertas e in natura para a avaliação sensorial foram descritos no capítulo anterior (Efeito de Coberturas Comestíveis Aplicadas em Goiabas in natura (*Psidium Guajava*). II. Vida útil de Goiabas Refrigeradas Recobertas com Gelatina, Triacetina e Ácido Láurico), nos itens: 2.1 , 2.2, 2.3, 2.4 e 2.6. As fichas de avaliação estão apresentadas nas Figuras 22 e 23.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as amostras foram bem aceitas no primeiro dia de análise sensorial e, para todos os parâmetros analisados, as frutas cobertas obtiveram uma maior porcentagem de notas, variando entre 7-9 quando comparado à fruta controle (Figuras 12, 13 e 14). Maiores diferenças foram observadas para os parâmetros "cor", "brilho" e "intenção de compra" (Figura 15), indicando que o brilho adicional dado pela cobertura agradou os provadores. Mais de 90% dos provadores aferiram notas superiores a 7, nos parâmetros "aparência global" , "cor" e "brilho" para as frutas cobertas no primeiro dia de estocagem. Já no primeiro dia, nota-se maior aceitação, em todos os parâmetros, das frutas recobertas com GEL/TRI.

A diferença de aceitação entre as frutas cobertas e a controle torna-se maior ao longo da estocagem. No quarto dia de estocagem, a maior diferença observada é quanto ao parâmetro "brilho", já que apenas 47% dos provadores atribuíram notas superiores a 7 para a fruta controle (Figura 14). No oitavo dia de

armazenamento, mais de 60% dos provadores deram notas variando entre 1-2 para "intenção de compra" na fruta controle (Figura 15), com aumento da porcentagem até o final do armazenamento, chegando até 100%, indicando que os provadores não mais comprariam a fruta controle a partir do oitavo dia. Além desse parâmetro, "aparência global", "cor" e "brilho" também obtiveram grande porcentagem de notas inferiores a 3.

Apesar de as frutas cobertas com GEL/TRI possuírem uma maior aceitação que as frutas cobertas com GEL/AL e GEL/TRI/AL, em todos os parâmetros sensoriais estudados, ao longo de todo o armazenamento, somente depois de oito dias de estocagem essa diferença passa a ser mais acentuada, quando (no 12º dia) 100% dos provadores aferiram notas entre 7-9 nos parâmetros "aparência global", "cor" e "brilho", e entre 4-5 em "intenção de compra", para as frutas recobertas com GEL/TRI. No último dia de estocagem estudado esse percentual de provadores ainda é maior que 90%, indicando a pequena variação na aceitação da amostra durante os vinte dias de armazenamento.

Maior diferença de aceitação pode ser observada entre as frutas cobertas com GEL/AL e GEL/TRI/AL a partir do 16º dia de armazenamento. O pior desempenho para as frutas cobertas foi observado para GEL/TRI/AL, que obteve uma porcentagem inferior na aceitação, a partir do 8º dia, entre todos os parâmetros estudados, quando comparada às frutas recobertas com GEL/TRI e desde o 16º dia, quando comparada às frutas recobertas com GEL/AL (Figuras 12, 13, 14 e 15).

Os resultados obtidos na degustação das goiabas controle, cobertas e lavadas podem ser visualizados através das Figuras 16 e 17. Em relação ao aroma, a maioria dos provadores aferiu notas entre 7-9 para todas as amostras. Essa porcentagem foi maior que o controle para as frutas recobertas com GEL/TRI, lavadas ou não, e menor que o da fruta controle para as frutas recobertas com GEL/TRI/AL, também lavadas ou não. Para as amostras contendo GEL/AL, lavadas ou não, essa porcentagem foi de 71%, a mesma que para a fruta controle. Esses dados indicam que as coberturas não influenciaram o aroma das

amostras, e que a lavagem também não exerceu influência sobre esse parâmetro. Quanto à textura, a maioria dos provadores atribuiu notas acima de 7 para todas as frutas analisadas sensorialmente (Figuras 16 e 17).

A recusa de compra da amostra controle pelos provadores parece estar ligada à aparência global da amostra, o que pode ser observado nas Figuras 18, 19, 20 e 21. A perda de água sofrida pela amostra controle durante o armazenamento (21%) é maior que a apresentada pelas frutas cobertas, principalmente nas amostras contendo GEL/TRI e GEL/AL. Essa perda fez com que as frutas controle ficassem menores, enrugadas e com aparência desfavorável. As frutas cobertas mantiveram-se íntegras até o final do experimento, principalmente as recobertas com GEL/TRI.

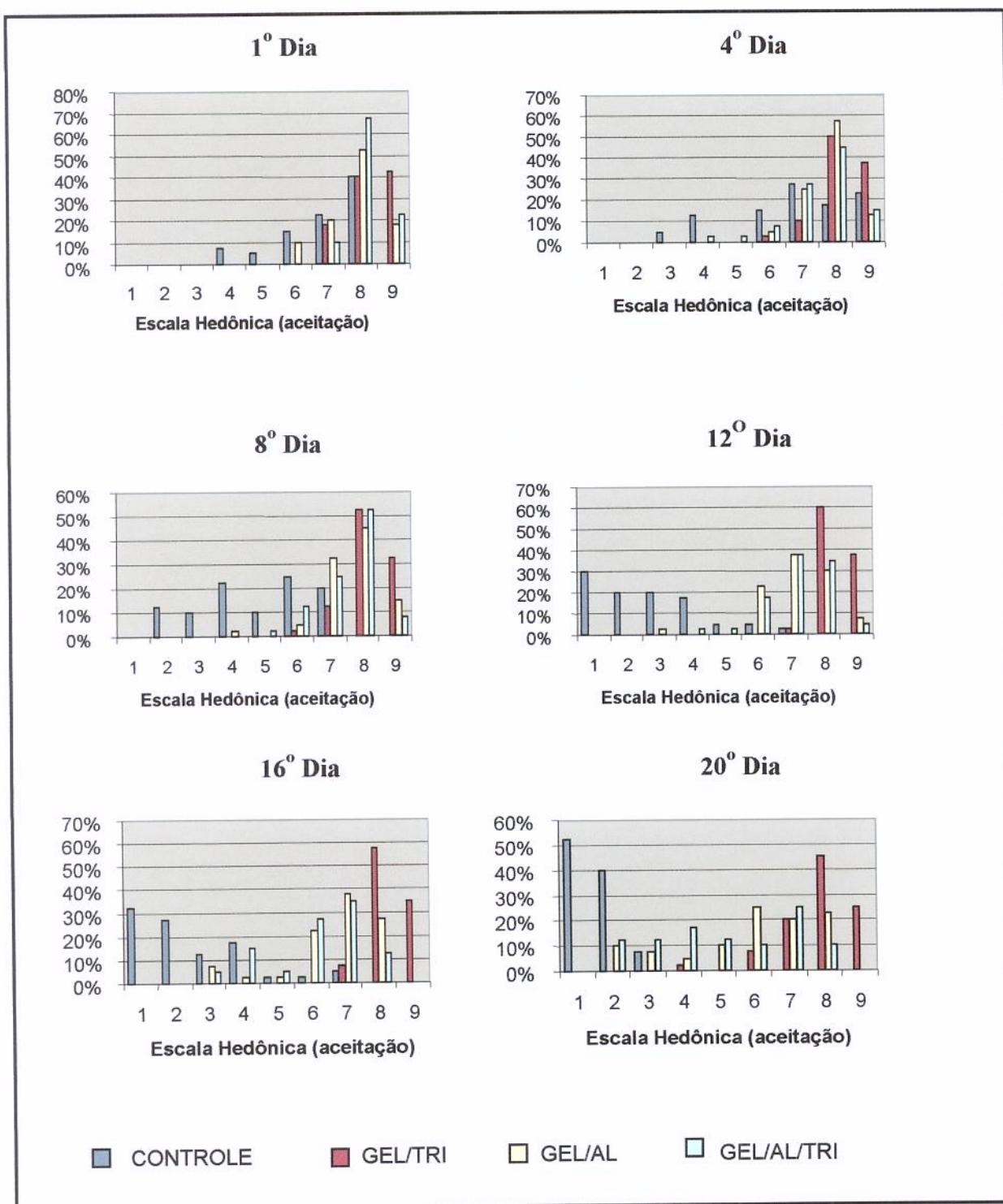


Figura 12. Aparência das Goiabas ao longo da estocagem.

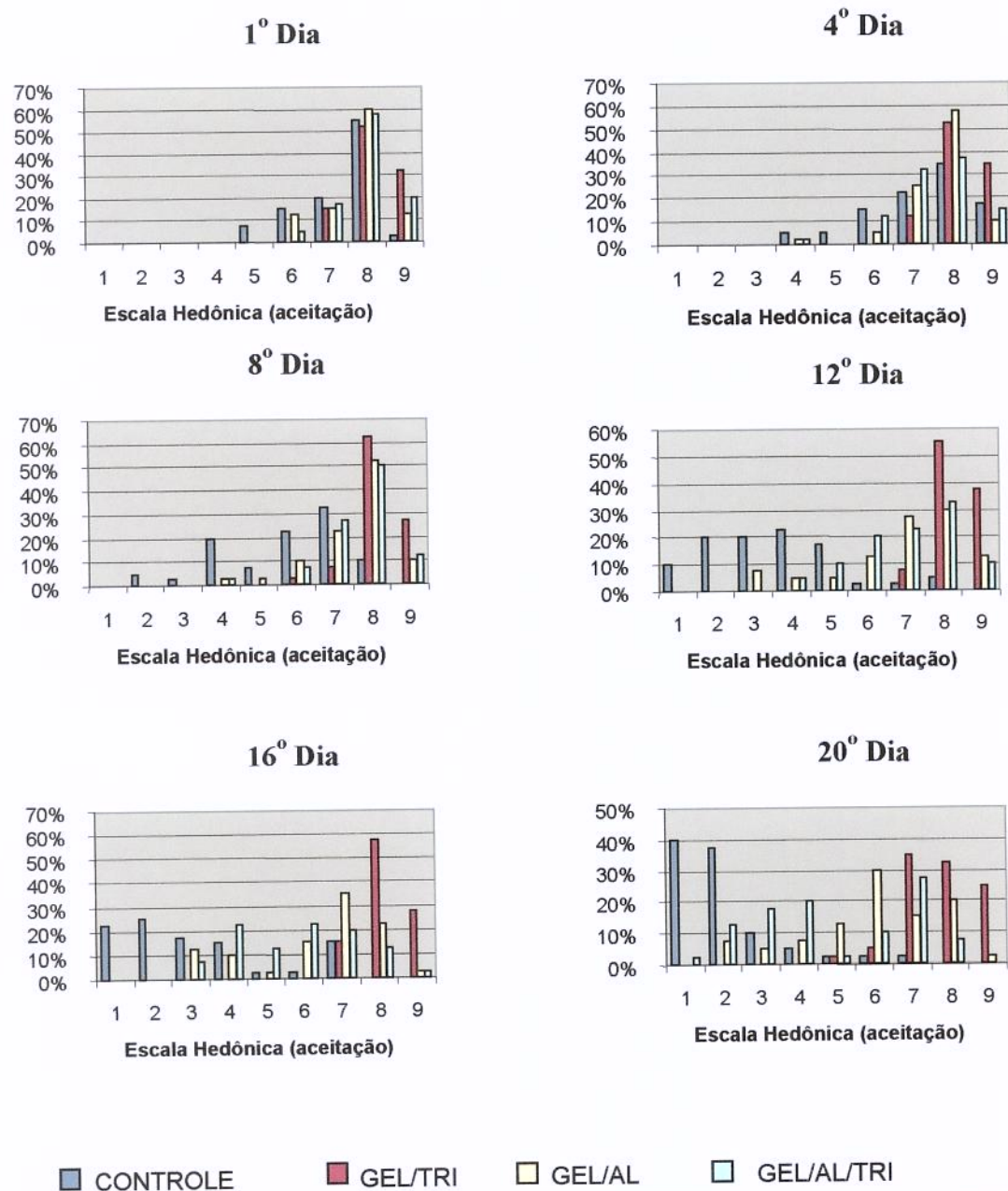


Figura 13. Cor das Goiabas ao longo da estocagem.

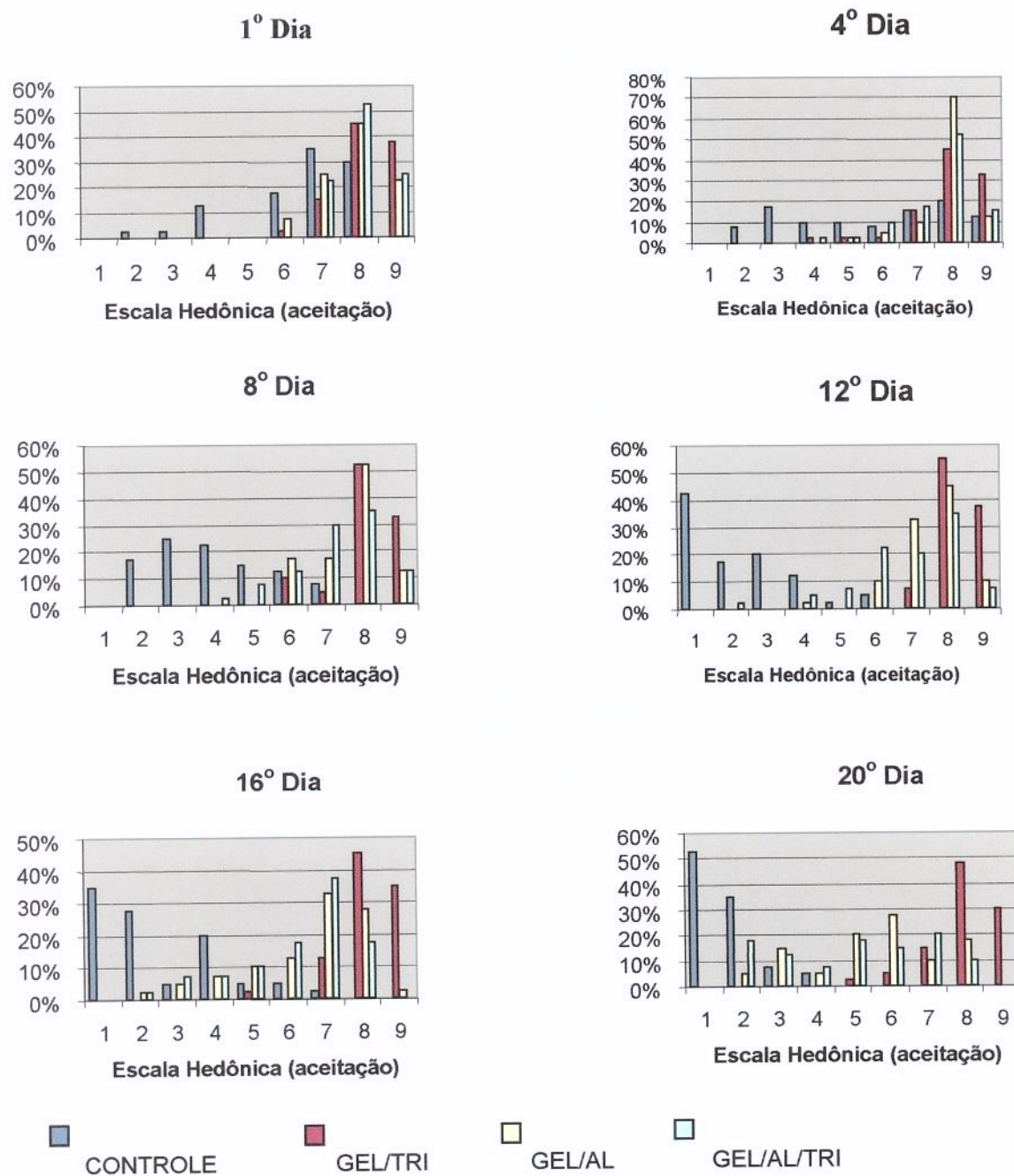


Figura 14. Brilho das Goiabas ao longo da estocagem.

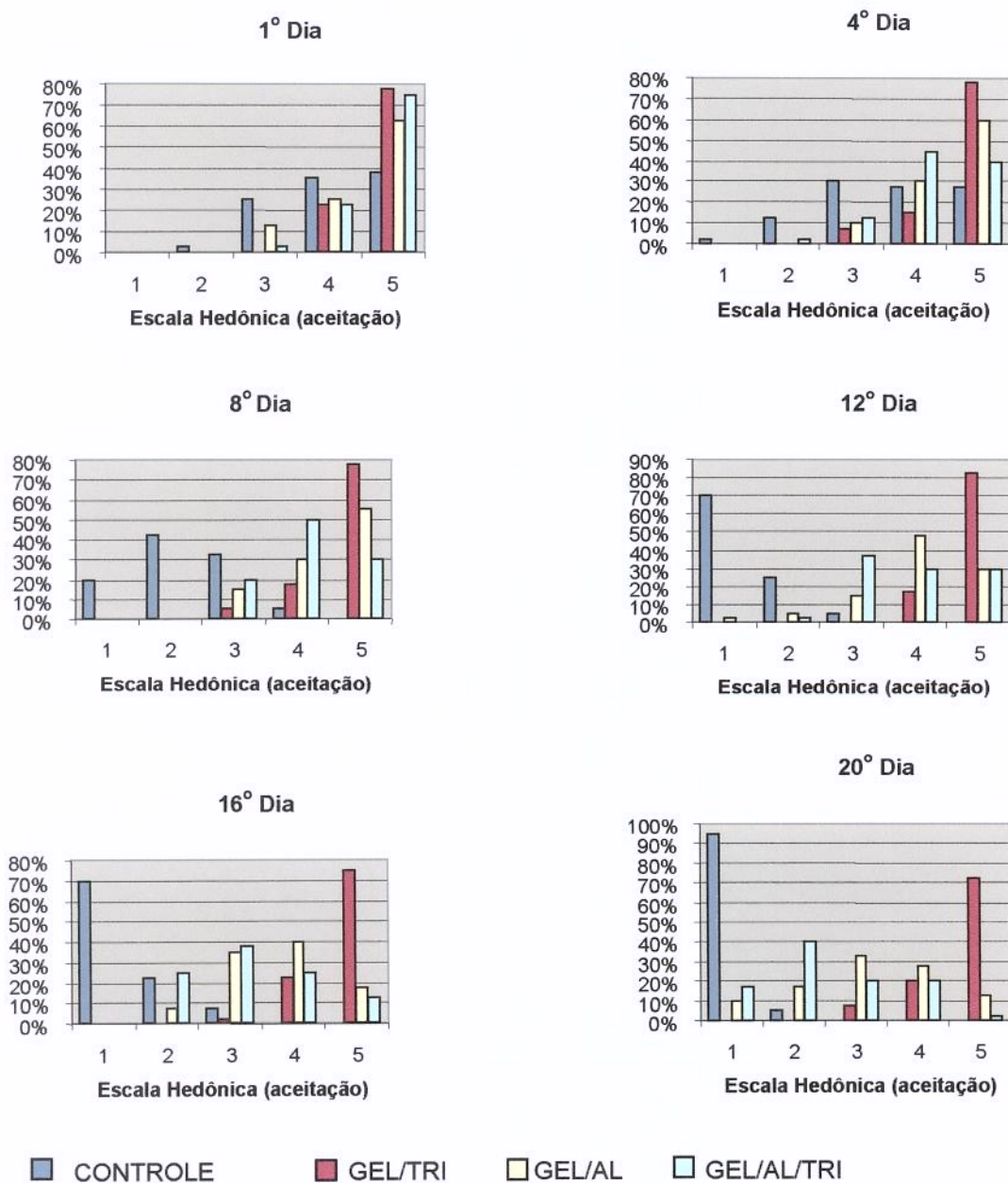


Figura 15. Intenção de Compra das Goiabas ao longo da estocagem.

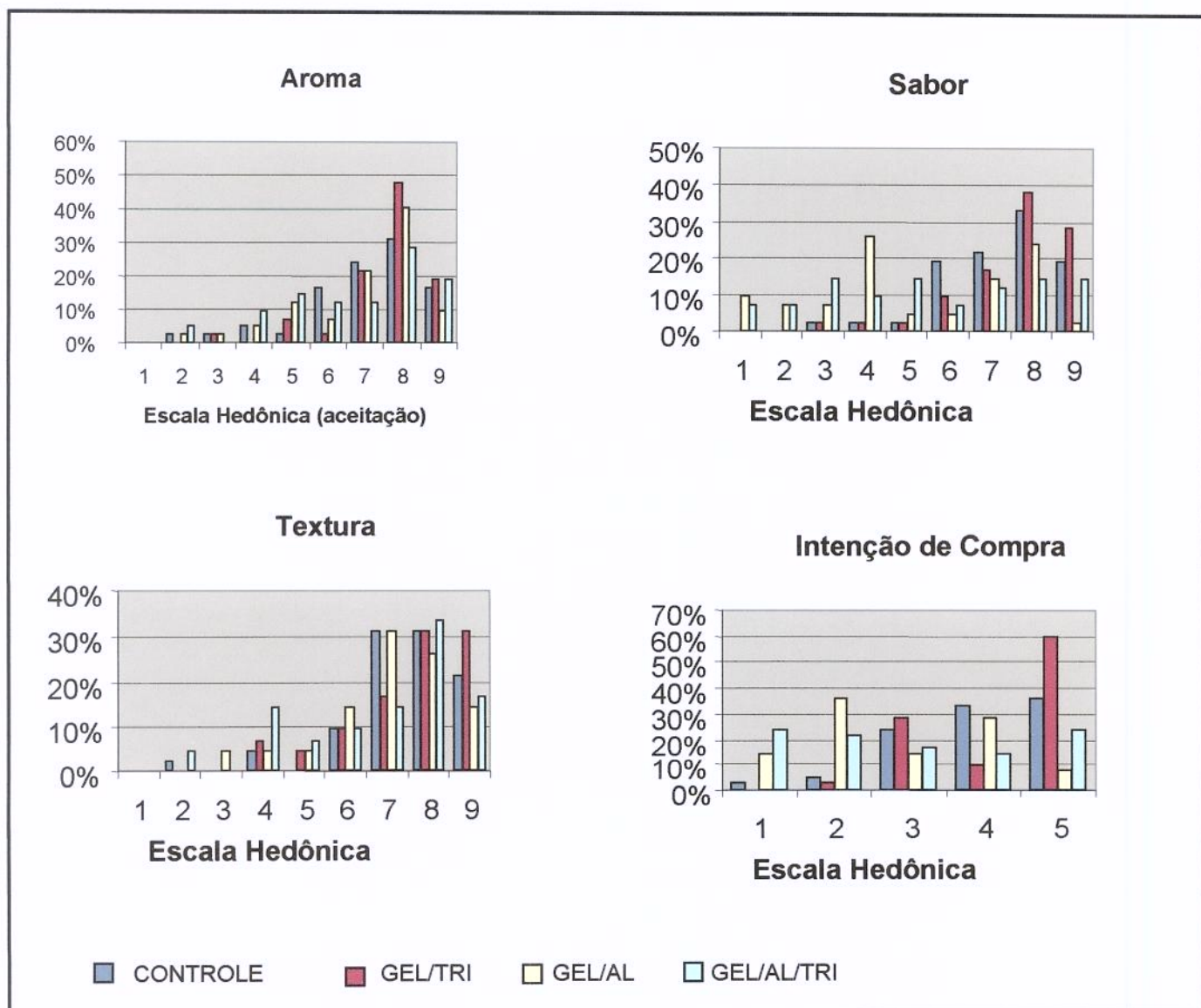


Figura 16. Análise Sensorial das Goiabas na degustação (9º dia).

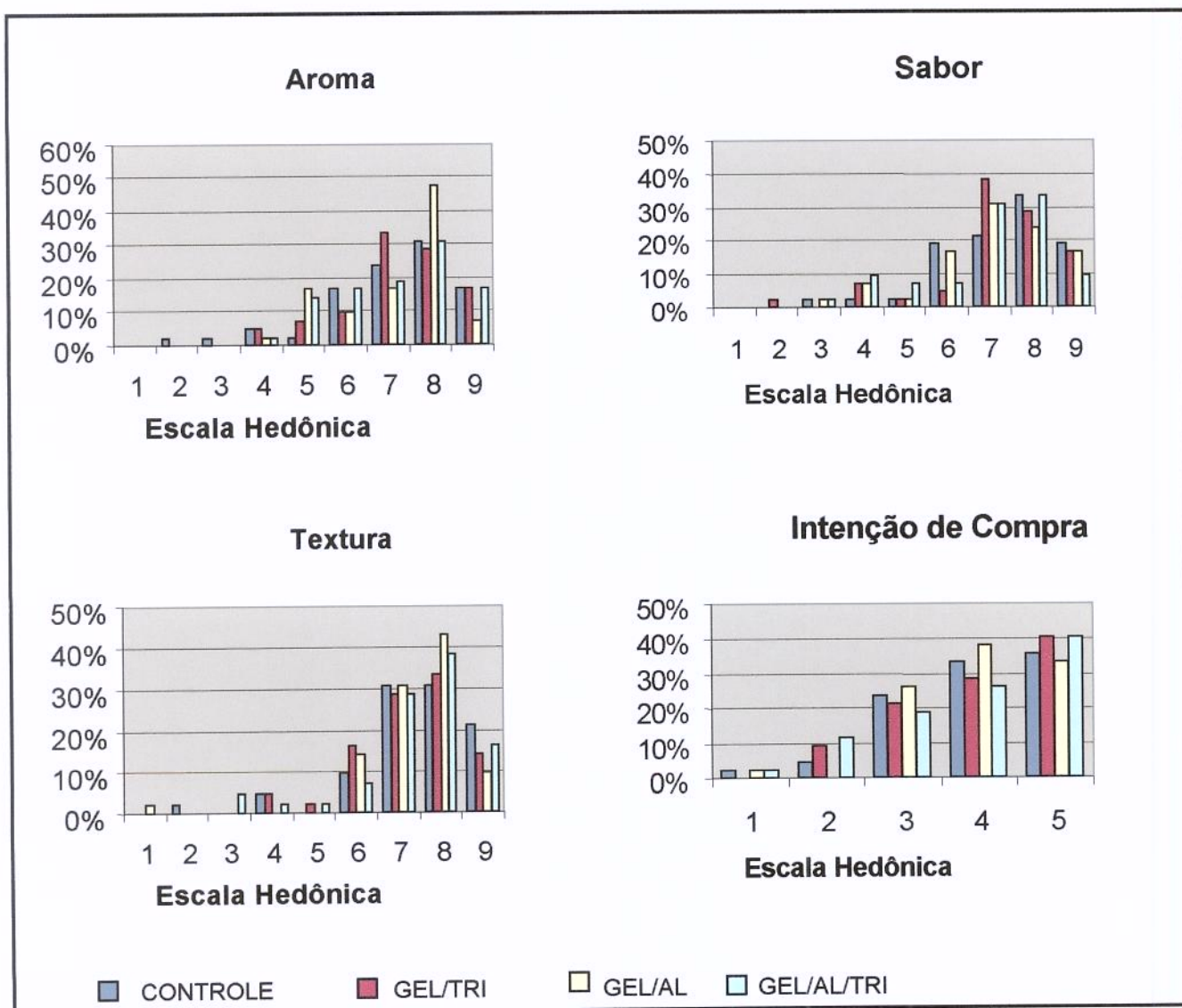


Figura 17. Análise Sensorial das Goiabas lavadas na degustação (9º dia).



Figura 18. Lotes de Goiabas em diversos dias de armazenamento a 12° C.



Figura 19. Amostras apresentadas no 12º dia de análise sensorial.

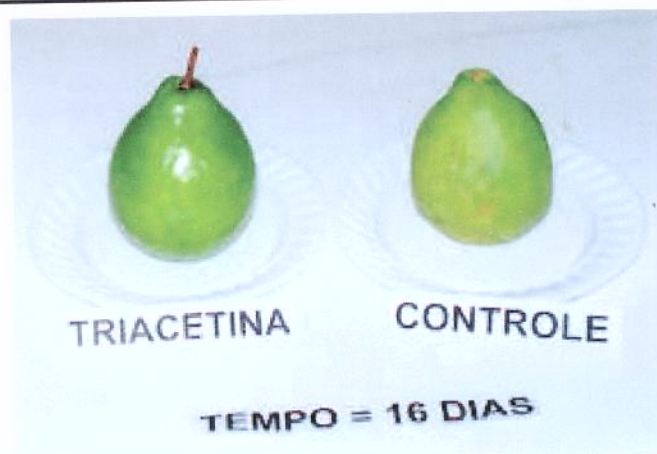


Figura 20. Amostras apresentadas no 16º dia de análise sensorial.



Figura 21. Amostras apresentadas no 20º dia de análise sensorial.

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE GOIABA

Nome: _____ Idade: _____
E-mail: _____ Data: _____
Telefone: _____ Lab: _____ Ramal: _____
Amostra: _____

1. Você está recebendo uma amostra codificada de GOIABA. Por favor, avalie a APARÊNCIA GLOBAL da amostra e indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da APARÊNCIA GLOBAL da amostra:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei / nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

2. Comente o que você mais gostou ou menos gostou na APARÊNCIA GLOBAL da amostra:

+Gostou: _____

-Gostou: _____

3. Avalie a COR da amostra e indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da COR da amostra:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei / nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

4. Comente o que você mais gostou ou menos gostou na COR da amostra:

+Gostou: _____

-Gostou: _____

5. Agora, por favor, indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou do BRILHO da amostra:

9. Gostei extremamente
8. Gostei muito
7. Gostei moderadamente
6. Gostei ligeiramente
5. Nem gostei / nem desgostei
4. Desgostei ligeiramente
3. Desgostei moderadamente
2. Desgostei muito
1. Desgostei extremamente

6. Comente o que você mais gostou ou menos gostou em relação ao BRILHO da amostra:

+Gostou: _____

-Gostou: _____

7. Com base na sua opinião sobre esta amostra de GOIABA, sabendo que ela se encontra sob refrigeração, indique na escala abaixo, sua atitude se você encontrasse esta amostra à venda. Se eu encontrasse esta GOIABA à venda eu:

5. Certamente compraria
4. Possivelmente compraria
3. Talvez comprasse / talvez não comprasse
2. Possivelmente não compraria
1. Certamente não compraria

Muito obrigada por sua colaboração!

Figura 22. Fichas de avaliação sensorial apresentada aos provadores.

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE GOIABA

Nome: _____ Idade: _____
E-mail: _____ Data: _____
Amostra: _____

1. Você está recebendo uma amostra codificada de GOIABA. Por favor, indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou do AROMA da amostra:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei / nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

2. Comente o que você mais gostou ou menos gostou na AROMA da amostra:

+Gostou: _____

-Gostou: _____

3. Por favor, agora prove a amostra e indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou do SABOR da amostra:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei / nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

4. Comente o que você mais gostou ou menos gostou no SABOR da amostra:

+Gostou: _____

-Gostou: _____

5. Por favor, prove novamente a amostra e indique na escala abaixo o quanto você gostou ou desgostou da TEXTURA da amostra:

- 9. Gostei extremamente
- 8. Gostei muito
- 7. Gostei moderadamente
- 6. Gostei ligeiramente
- 5. Nem gostei / nem desgostei
- 4. Desgostei ligeiramente
- 3. Desgostei moderadamente
- 2. Desgostei muito
- 1. Desgostei extremamente

6. Comente o que você mais gostou ou menos gostou na TEXTURA da amostra:

+Gostou: _____

-Gostou: _____

7. Com base na sua opinião sobre esta amostra de GOIABA, sabendo que esta se encontra sob refrigeração, indique na escala abaixo, sua atitude se você encontrasse esta amostra à venda. Se eu encontrasse esta GOIABA à venda eu:

- 5. Certamente compraria
- 4. Possivelmente compraria
- 3. Talvez comprasse / talvez não comprasse
- 2. Possivelmente não compraria
- 1. Certamente não compraria

Muito obrigada por sua colaboração!

Figura 23. Fichas de avaliação sensorial apresentada aos provadores para degustação das amostras.

4. CONCLUSÕES

A utilização de coberturas comestíveis à base de gelatina, triacetina e ácido láurico em goiabas brancas aumentou sua vida de prateleira em até 12 dias no período estudado, tendo em vista a recusa de compra da goiaba controle pelos provadores a partir do 8º dia de armazenamento, fato que, segundo LABUZA, SCHMIDL (1988), determina a vida útil de produtos alimentícios.

A cobertura à base de gelatina e triacetina apresentou os melhores resultados, pois as goiabas obtiveram maior aceitação para os atributos sabor, aroma, aparência e intenção de compra.

As frutas cobertas com gelatina e ácido láurico mostraram-se mais eficientes na preservação da amostra que as frutas recobertas com gelatina, triacetina e ácido láurico. Entretanto, ambas necessitaram de lavagem prévia para obter maior aceitação quanto ao sabor da amostra. O procedimento mostrou-se eficaz, já que após a lavagem, as frutas cobertas não mais se diferenciavam da fruta controle na avaliação do sabor e na intenção de compra.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BAARDSETH, P.; SKEREDE, G.; NAES, T.; THOMASSEN, M. S.; IVERSEN, A.; KAABER, L. A comparison of CIE (1976) L^* a^* b^* values obtained from two different instruments on general food commodities. **J Food Sci.**, **53**: 1737-1742, 1988.
- CLEMENTE, E. S. **Caracterização química, nutricional, física e sensorial de dois cultivares de brócolis (*Brassica oleracea* L. var. *itálica* baron *Brassica oleracea* L. var. *itálica* ramoso – Piracicaba) : um estudo de vida-de-prateleira**. Campinas, 1998, 169 p. (Mestrado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas.
- FU, B. & LABUZA, T. P. Shelf life prediction: theory and application. **Food Control**, **4**: 125-133, 1993.
- LABUZA, T. P. & SCHMIDL, M K. Use of sensory data in the shelf life testing of foods: principles and graphical methods for evaluation. **Cereal Foods World**, **33**: 193-203, 1988.
- LITTLE, A. C. Off on a tangent. **J Food Sci.**, **40**: 410-412, 1975.
- MUÑOZ, A. M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B T. **Sensory evaluation in quality control**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 240 p.

CONCLUSÕES GERAIS

A adição de ácidos graxos aos filmes de gelatina melhorou a permeabilidade ao vapor de água e a concentração ideal a ser adicionada depende do tipo de ácido graxo. O aumento da concentração provocou, para todos os ácidos, uma diminuição da resistência mecânica e um aumento da solubilidade.

A inclusão de triacetina aos filmes compostos de ácidos graxos e gelatina aumentou a resistência mecânica, porém causou aumento da permeabilidade ao vapor de água.

Os filmes compostos de gelatina, triacetina e ácidos graxos mostraram-se mais funcionais quanto a manuseabilidade do que os filmes de dupla camada com os mesmos componentes.

As coberturas utilizadas mostraram-se eficientes no controle do amadurecimento das frutas, permitindo estender a vida útil das goiabas em relação ao controle.

Considerando que a perda de massa de até 15% é um valor limite para a vida útil das goiabas, nas condições estudadas a fruta controle ultrapassou esse limite após o 12º dia de estocagem, enquanto que as frutas cobertas garantiram uma perda de massa inferior a 15% até o último dia de estocagem estudado, aumentando a sua vida útil em 8 dias.

Considerando os parâmetros sensoriais, especialmente a intenção de compra, a goiaba controle apresentou uma vida útil de 8 dias. As frutas cobertas foram aceitas até o final do experimento, representando assim um aumento de 12 dias de extensão da vida útil quando esse parâmetro é considerado.

A avaliação das frutas cobertas mostrou que a cobertura de gelatina e triacetina não influenciou na aceitação em termos de sabor quando comparada à fruta controle, enquanto que as coberturas contendo ácido láurico necessitaram de

lavagem prévia para obter maior aceitação quanto ao sabor da amostra, possibilitando a utilização dessas coberturas com a lavagem anterior ao consumo.

Dentre as coberturas estudadas, as frutas recobertas com gelatina e triacetina apresentaram maior aceitação global até o último dia de estocagem avaliado, preservando o brilho, a cor e a aparência das goiabas. Essa cobertura mostrou-se também mais eficiente na preservação dos parâmetros físico-químicos.

A avaliação sensorial mostrou maior discriminação entre os tratamentos em relação ao controle do que a avaliação dos parâmetros físico-químicos. As coberturas provocaram um aumento no brilho das goiabas, o que agradou os consumidores, influenciando de maneira direta a aceitação da aparência global da amostra.