

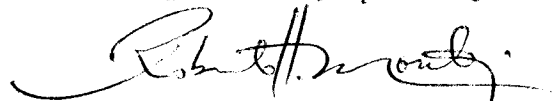


UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS  
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE ABSORVEDORES  
ENZIMÁTICOS DE OXIGÊNIO NA CONSERVAÇÃO  
DE CAFÉ TORRADO E MOÍDO

Parcer

Este exemplar corresponde a redação final  
da tese defendida por Edilene Amaral de  
Andrade Adell e aprovada pela Comissão  
Julgadora em 09.02.95.



Eng<sup>a</sup> Edilene Amaral de Andrade Adell  
(Orientada)

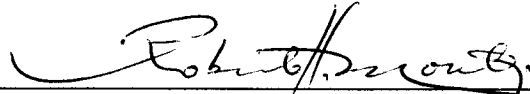
Prof. Dr. Roberto Herminio Moretti  
(Orientador)

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de Alimentos da Universidade Estadual de  
Campinas para a obtenção do Título de Mestre em Tecnologia de Alimentos.

Campinas, 1995.

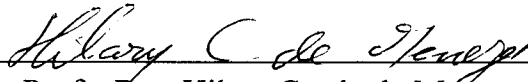


**BANCA EXAMINADORA**



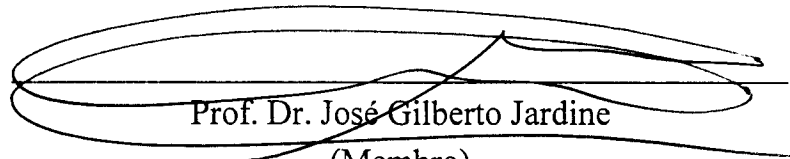
---

Prof. Dr. Roberto Hermínio Moretti  
(Orientador)



---

Profa. Dra. Hilary Castle de Menezes  
(Membro)



---

Prof. Dr. José Gilberto Jardine  
(Membro)



---

Profa. Dra. Maria Aparecida Azevedo Pereira da Silva  
(Membro)

*"Eu não sei o caminho para o sucesso; mas, sem dúvida,  
o caminho para o fracasso é agradar a todo mundo."*

John Fitzgerald Kennedy

## AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Roberto Hermínio MORETTI pela orientação, incentivo e amizade.

Aos Profs. Dra. Hilary Castle de Menezes, Dr. José Gilberto Jardine e Dra. Maria Aparecida Azevedo Pereira da Silva pelas sugestões para esta tese.

Aos Profs. Dr. Carlos Alberto Gasparetto, Dr. José de Assis Fonseca Faria, Marcelo Cristianini, Dra. Maria Helena Damásio e Dr. Salvador Massaguer Roig pelo apoio dado.

À Eng<sup>a</sup> Claire Sarantópoulos pelas valiosas sugestões.

Aos funcionários dos Laboratórios do DTA/ FEA, Alice, Ana Lourdes, Ana Maria, Ana Paula, Cesarina, Jane e em especial, Ana Koon e Natalina, pela colaboração e amizade.

Aos funcionários das Secretarias da FEA, Marlene, Marcos, Marçal, Susi, Telma, Cristiane e Zezé, sempre dispostos a colaborar.

Aos funcionários da biblioteca da FEA, em especial à Creuza pela correção das referências bibliográficas.

À equipe de análise sensorial pela colaboração nos testes sensoriais.

Aos amigos Andréia, César, Eliana, Flávia, Fernando, Ilana, Ivana, Mirna, Niurka, Patrícia, Regina Noronha, Regina Vannucci e a tantos outros pelo incentivo e colaboração.

À Companhia União dos Refinadores de Açúcar e Café, Novo Nordisk e Mitsubishi Gas Chemical Company pelo fornecimento de amostras.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e Fundo de Apoio ao Ensino e à Pesquisa (FAEP) pelas concessões de bolsas de estudo.

Aos demais professores, funcionários e colegas da Faculdade de Engenharia de Alimentos.

A todos aqueles que de alguma forma colaboraram para a realização desta tese, a certeza do meu mais profundo agradecimento.

Meu agradecimento especial para os meus Pais, Irmãs, "Irmãos", Gabriel, Julien e para o Ofir, a quem eu dedico esta tese.

## ÍNDICE GERAL

---

ÍNDICE DE TABELAS.....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vi
RESUMO .....	vii
SUMMARY .....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Generalidades.....	3
2.2. Principais Fatores de Estabilidade do Café Torrado e Moído Considerados na Especificação de Sistemas de Embalagem.....	7
2.2.1. Proteção em relação ao oxigênio .....	7
2.2.2. Permeabilidade ao gás carbônico.....	8
2.2.3. Permeabilidade ao vapor de água .....	9
2.2.4. Manutenção do aroma.....	9
2.2.5. Recomendações diretamente relacionadas com a embalagem .....	13
2.2.6. Outros fatores de estabilidade do produto .....	13
2.3. Sistemas de Embalagem .....	14
2.3.1. Embalagem em atmosfera normal .....	15
2.3.2. Embalagem a vácuo compensado .....	16
2.3.3. Embalagem a vácuo .....	17
2.3.4. Sistemas alternativos de embalagem que permitem reduções consideráveis nos níveis de oxigênio.....	18
2.3.5. Sistema enzimático glicose-oxidase/catalase.....	22
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	30
3.1. Material.....	30

3.2. Métodos .....	31
3.2.1. Tratamentos.....	31
3.2.2. Cálculos preliminares para a realização dos tratamentos .....	32
3.2.2.1. Determinação do volume de espaço-livre das embalagens.....	32
3.2.2.2. Preparo do complexo enzimático.....	32
3.2.2.3. Cálculo do número de sachês de absorvedor "Ageless".....	33
3.2.3. Análises físicas, químicas e físico-químicas do café torrado e moído.....	34
3.2.3.1. Determinação da composição gasosa do espaço-livre das embalagens.....	34
3.2.3.2. Determinação dos sólidos totais .....	34
3.2.3.3. Determinação de pH .....	35
3.2.3.4. Determinação da acidez total titulável.....	35
3.2.3.5. Determinação de sólidos solúveis.....	35
3.2.4. Análise sensorial .....	35
3.2.4.1. Preparo e apresentação das amostras .....	35
3.2.4.2. Seleção de Provedores .....	36
3.2.4.3. Testes sensoriais durante o armazenamento .....	39
3.2.5. Análise dos resultados.....	39
3.2.6. Especificação da embalagem .....	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	40
4.1. Determinação da Composição Gasosa do Espaço-livre das Embalagens .....	40
4.2. Análises de Umidade, pH, Acidez e Sólidos Solúveis .....	41
4.3. Análise Sensorial .....	43
4.4. Influência do Tempo de Armazenamento.....	44



5. CONCLUSÕES .....	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	51

## ÍNDICE DE TABELAS

---

Tabela 1 - Composição química do café verde e do torrado .....	3
Tabela 2 - Constituintes do flavor do café.....	12
Tabela 3 - Capacidade de absorção de CO <sub>2</sub> e O <sub>2</sub> do "Ageless" para café torrado e moído .....	21
Tabela 4 - Composição gasosa do espaço-livre das embalagens após 24 horas de armazenamento .....	40
Tabela 5 - Influência dos sistemas de embalagem sobre a umidade (%) do café torrado e moído durante o armazenamento (em meses).....	41
Tabela 6 - Influência dos sistemas de embalagem sobre o pH do café torrado e moído durante o armazenamento (em meses).....	42
Tabela 7 - Influência dos sistemas de embalagem sobre a acidez (mL de NaOH 1N/100 g) do café torrado e moído durante o armazenamento (em meses) .....	42
Tabela 8 - Influência dos sistemas de embalagem sobre a característica sensorial do café torrado e moído durante o armazenamento .....	44
Tabela 9 - Influência do tempo de armazenamento sobre a umidade, pH, acidez e característica sensorial do café torrado e moído para o sistema enzimático glicose-oxidase/catalase.....	45
Tabela 10 - Influência do tempo de armazenamento sobre a umidade, pH, acidez e característica sensorial do café torrado e moído para o controle.....	45

Tabela 11 - Influência do tempo de armazenamento sobre a umidade, pH, acidez e característica sensorial do café torrado e moído para o vácuo .....	46
Tabela 12 - Influência do tempo de armazenamento sobre a umidade, pH, acidez e característica sensorial do café torrado e moído para o Ageless .....	46
Tabela 13 - Coeficiente linear de Pearson ( $p \leq 0,05$ ) das correlações lineares entre umidade (%), pH, acidez (mL de NaOH 1N/100 g), característica sensorial e tempo de armazenamento.....	48

## ÍNDICE DE FIGURAS

---

Figura 1 - Funcionalidade dos constituintes do flavor do café .....	12
Figura 2 - Reações catalisadas pelo complexo enzimático glicose-oxidase/catalase.....	23
Figura 3 - Oxidação da glicose .....	24
Figura 4 - Atividade da glicose-oxidase versus temperatura (medida em pH 5,1).....	25
Figura 5 - Atividade da glicose-oxidase versus pH (medida a 25°C) .....	26
Figura 6 - Modelo da ficha sensorial utilizada no teste duo-trio .....	37
Figura 7 - Modelo da ficha sensorial utilizada para avaliação da qualidade do produto.....	38
Figura 8 - Evolução da umidade (%) ao longo do período de armazenamento.....	48
Figura 9 - Evolução da qualidade (medida através da característica sensorial) ao longo do período de armazenamento .....	49

## RESUMO

---

O café é um produto bastante difundido no mundo. Sua aceitação depende em grande parte das características organolépticas da bebida; em especial seu aroma e sabor. A preocupação com a manutenção das qualidades sensoriais originais do café torrado e moído, durante o seu armazenamento e comercialização, tem sido uma constante entre os fabricantes, que buscam o prolongamento da vida útil deste produto, através do acondicionamento a vácuo, envase sob atmosfera inerte (nitrogênio ou gás carbônico), uso de absorvedores químicos de oxigênio, etc.; visto que comprovadamente o oxigênio é o principal responsável pela deterioração da qualidade do café.

O café torrado e moído, quando embalado a vácuo, tem uma vida útil limitada, devido à ineficiência na remoção de todo o oxigênio da embalagem. Desta forma, o teor de oxigênio residual na embalagem, define a vida-de-prateleira do produto. O mesmo ocorre quando absorvedores químicos, tal como, "Ageless", produzido pela Mitsubishi Gas Chemical Company, Inc., são utilizados para a conservação do café torrado e moído.

Esta pesquisa teve por objetivo estudar uma forma alternativa para a remoção do oxigênio das embalagens de café torrado e moído. Para tanto, utilizou-se o sistema enzimático glicose-oxidase/catalase. Complementarmente, estudou-se o acondicionamento a vácuo e o uso de absorvedores "Ageless". Como padrão, utilizou-se café acondicionado a vácuo e congelado a  $-18^{\circ}\text{C}$ . Determinou-se, mensalmente, a umidade, pH, acidez total titulável, porcentagem de sólidos solúveis e características sensoriais das bebidas, para todas as amostras em estudo. Analisou-se a variação dos resultados, comparativamente, entre as amostras, e em função do tempo de armazenamento.

Concluiu-se que o café torrado e moído, acondicionado com o complexo enzimático glicose-oxidase/catalase, conservou melhor suas características originais, de recém torrado e moído, quando comparado com os demais sistemas estudados, comercialmente utilizados. Estes resultados se devem à maior efetividade do sistema enzimático na remoção do oxigênio das embalagens.

## SUMMARY

---

Coffee is a widespread product on the world market. Its acceptance depends strongly on the organoleptic characteristics of the beverage, especially its aroma and flavor. The maintenance of the sensory qualities of the ground roasted coffee during its storage and commercialization, has been a constant preoccupation among the producers looking for ways to extend the shelf life of this product by using vacuum, controlled atmospheres (nitrogen and carbon dioxide), chemical oxygen scavengers, etc.; since oxygen is known to be the main factor responsible for the deterioration in coffee quality.

Ground roasted coffee, when vacuum packaged, has a limited shelf life due to insufficient oxygen removal from the package. Therefore, the residual oxygen content in the package defines the shelf life of the product. The same happens when chemical scavengers such as "Ageless", produced by Mitsubishi Gas Chemical Company, Inc., are used for the ground roasted coffee conservation.

An alternative way to remove the oxygen from the ground roasted coffee packages was the goal of this research. The glucose-oxidase/catalase enzymatic system was used for this purpose. In addition, vacuum packaging and the "Ageless" chemical scavenger were studied. Frozen (-18°C) vacuum stored ground roasted coffee was used as the control. Moisture, pH, total titratable acidity, soluble solids content and sensory characteristics of the beverage were determined monthly for all the samples. The variation in data was analysed, both as a function of storage time and to make a comparison between samples.

It was concluded that the ground roasted coffee stored with the glucose-oxidase/catalase enzymatic system preserved the freshness better, when compared to the other commercially used systems studied. These results are undoubtedly due to the greater effectiveness of the enzymatic system in removing oxygen from the package.

## 1. INTRODUÇÃO

---

O café vem sendo utilizado como bebida há séculos e tem sido um produto bastante aceito em quase a totalidade dos países do mundo. Essa aceitação é função principalmente do aroma e sabor, responsáveis pelas características marcantes e diferenciadas do produto.

Segundo YASU (1990), o café é um símbolo de riqueza, comparável ao petróleo, e continua sendo uma das maiores fontes de divisas para o Brasil, que é o maior produtor do mundo. No Brasil, o café é responsável por cerca de 15% na pauta das exportações.

Sendo o café torrado e moído um produto tão importante para o mundo e, em especial, para o Brasil, é necessário que se produza um café de excelente qualidade. A qualidade do café depende não somente do processamento industrial em si, mas também dos cuidados dispensados à matéria-prima, das condições de armazenamento do produto final até o momento do consumo, e da forma de preparo da bebida (FIGUEIREDO, 1966).

As transações com bens de consumo são reguladas por diversos fatores, entre os quais se destacam, a quantidade e a qualidade. As necessidades do consumidor e o seu interesse aquisitivo determinam as qualidades comerciáveis daqueles bens. Quando, porém, as produções se apresentam aos mercados em maior volume que a necessidade dos mesmos, surge a competição entre os vendedores, que irão procurar atrair os compradores. Assim, vários serão os motivos capazes de motivar a compra. Se todas as outras condições forem iguais, prevalecerá a qualidade. O café como bem de consumo, sofre essas mesmas influências (BRASIL, s.d).

De acordo com FERIA-MORALES (1992), o conceito de qualidade para café apresenta grandes controvérsias e várias definições. Muitas das definições encontradas na literatura podem ser resumidas no enunciado feito em 1990 por P. Pochet: "A qualidade do café, no sentido aceito do termo, inclui as propriedades físicas, químicas e organolépticas procuradas pelo consumidor". O Brasil recentemente iniciou um programa nacional, englobando o setor de café, visando a aplicação do conceito de

qualidade total. O "Programa Nacional de Qualidade Total", no que diz respeito ao café, é uma resposta à redução da participação brasileira no mercado mundial, de 70%, em 1960, para 30%, em 1992 (CHALFOUN citado por FERIA-MORALES, 1992).

Uma vez que a presença de oxigênio dentro da embalagem é o principal fator relacionado com a estabilidade do café torrado e moído (CLARKE, 1989), vários estudos têm sido feitos e várias alternativas à utilização do convencional vácuo têm sido propostas e utilizadas em alguns países.

Esta pesquisa visou o desenvolvimento de um processo que permitisse a redução a níveis mínimos do oxigênio da embalagem do café torrado e moído, utilizando-se o complexo enzimático glicose-oxidase/catalase.



## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

---

### 2.1. Generalidades

O café foi introduzido no Brasil em 1727 por Francisco de Mello Palheta, no Pará, deslocando-se rapidamente para o Maranhão, Rio de Janeiro e Vale do Paraíba. Em 1809 instalou-se na região de Campinas e, a seguir, no oeste do estado de São Paulo, com suas terras roxas apropriadas ao seu cultivo. A introdução do café no Brasil resultou num dos ciclos mais importantes do desenvolvimento econômico do país (FAZUOLI et alii, 1983). Segundo ZYLBERSZTAJN (1993), a cafeicultura brasileira foi, durante várias décadas, a atividade econômica mais importante da nação, sendo suplantada aos poucos e apenas recentemente pelo setor industrial.

A composição química do café é influenciada pela variedade, grau de maturação, condições de cultivo, métodos de preparo, conservação do produto, etc. (NERY, 1964). A Tabela 1 apresenta dados médios da composição química do café verde e do torrado (QUAST, 1968).

Tabela 1 - Composição química do café verde e do torrado.

Compostos	Café verde	Café torrado
	%	%
Carboidratos	60	53
Lipídios	13	15
Proteínas	13	13
Ácido clorogênico	7	4
Cafeína		
"arábica"	1	1
"robusta"	2	2
Cinzas	4	4

(QUAST, 1968)

O café pertence à família das Rubiáceas. As espécies de café mais cultivadas no Brasil são *Coffea arabica* e *Coffea canephora*, que são comumente denominadas de "café arábica" e "café robusta", respectivamente, predominando grandemente o cultivo de café arábica (BRASIL, s.d.).

Segundo VITZTHUM et alii (1990), as duas espécies diferem consideravelmente em preço, qualidade e aceitação pelo consumidor. No que diz respeito à qualidade da bebida, a "robusta" tem uma típica adstringência, um sabor à borracha, muitas vezes com características de bebida vulgar e embolorada, enquanto a "arábica" exibe um sabor mais suave, requintado e aromático.

O café tem sido uma das bebidas mais aceitas em diversas partes do mundo pelo fato de possuir um aroma bem característico. A aceitação da bebida depende de muitos fatores. Alguns desses fatores são controlados pela natureza, mas a maior parte deles, depende da agricultura e da indústria, e determinam a aceitabilidade do produto (SABBAGH & YOKOMIZO, 1976).

O consumo de café, seja na forma de um "Petit noir", isto é, um cafezinho em uma cafeteria, na forma de um "expresso" ao fim de uma refeição ou ainda de uma xícara oferecida em casa, busca acima de tudo um momento de bem-estar, de conforto e de prazer (ÉTUDE, 1983). O café, no Brasil, tem um forte componente de tradicionalidade. De fato, o café é um hábito tradicional do brasileiro e possui fortes traços culturais em nossa história (ZYLBERSZTAJN, 1993).

A produção de café, no mundo, encontra-se distribuída em 54 países, sendo os mais expressivos, o Brasil e a Colômbia. Juntos, estes países representam 43% da produção mundial (MATIELLO, 1991).

As espécies de café arábica e café robusta são as de maior cotação no mercado internacional. O "arábica" é produzido principalmente no continente americano, no Quênia, na Tanzânia e em alguns outros países. O "robusta" é proveniente da Costa do Marfim, Uganda, Angola, Java, União Indiana e de algumas outras regiões (MORETTI, 1975). Segundo MATIELLO (1991), a produção mundial distribui-se, aproximadamente, entre 27% de café robusta e 73% de café arábica.

A produção mundial de café para 1993-1994 está estimada em 97,1 milhões de sacas, ou seja perto de 6% a mais que em 1992-1993, porém menos que o recorde de 103,4 milhões de sacas atingido em 1991-1992. A produção exportável global está estimada em 74,4 milhões de sacas, contra 70 milhões de sacas em 1992-1993. O aumento previsto para 1993-1994 pode ser atribuído a um aumento de 19% da produção no Brasil, atingindo 28,5 milhões de sacas (NOTES, 1993).

Com uma grande população e com uma importância tradicional do café na economia, o Brasil, após os Estados Unidos, é o segundo maior consumidor mundial, com aproximadamente 10% do consumo total. A crise econômica, o declínio da produção e a ênfase dada às exportações têm levado a uma diminuição do consumo per capita/ano de café (GRAAFF, 1986) & (ZYLBERSZTAJN, 1993). Ainda segundo ZYLBERSZTAJN (1993) o café vem perdendo prestígio junto aos consumidores, prejudicado pelas novas tendências de alimentação natural, produção ecológica e pela intensa concorrência com outros produtos.

GRAAFF (1986) afirma que desde 1810, o Brasil tem sido o maior produtor de café no mundo e até a década de 40 produzia mais que a metade da produção mundial. Com uma produção anual de aproximadamente 1,4 milhões de toneladas, ele contribuiu com aproximadamente 27% da produção mundial nos anos de 1979 a 1981. No período de 1970 a 1980, o setor de café contribuiu, em média, com 10% da produção agrícola brasileira, ou seja, uma contribuição de aproximadamente 1% do Produto Interno Bruto e 3 a 4% da força de trabalho total do país.

As exportações de café do Brasil atingiram em 1991, um recorde de 21,1 milhões de sacas (15,8 milhões de sacas de "arábica", 3,7 milhões de sacas de "robusta" e 1,6 milhões de sacas de café solúvel) para uma produção total de 27,4 milhões de sacas. Os Estados Unidos são o principal importador de café brasileiro com 5,5 milhões de sacas, ou um pouco mais de um quarto do total das exportações; eles são seguidos pela Alemanha, Itália, Japão e Espanha (NOTES, 1992).

O Brasil transforma anualmente 3 milhões de sacas de café em café solúvel e 16 milhões de sacas em café torrado e moído. O consumo interno foi de

aproximadamente 9 milhões de sacas em 1990-1991, contra 11 milhões de sacas no ano precedente (NOTES, 1992).

O grande produto da nossa agricultura tem passado por diferentes fases de produção, ora faltando ao consumo, ora excedendo-o; no primeiro caso, a qualidade não é observada tão acentuadamente como no segundo, isto é, quando a oferta é maior que a demanda. As safras brasileiras representavam no início do século, 70 a 80% das vendas mundiais de café. As crises de produção eram transitórias e as soluções encontradas dentro do próprio país. Assim, com relativa facilidade, restabelecia-se o equilíbrio entre a oferta e a procura. De alguns anos para cá, a cultura do café estendeu-se por muitas outras regiões do mundo, modificando o panorama da economia cafeeira. A concorrência em preço, dado o aumento da produção dos outros países, e ainda o fator qualidade, fizeram com que nossa exportação caísse para menos de 40% das vendas mundiais (BRASIL, s.d).

Apesar de ser o maior produtor e exportador mundial, o Brasil hoje não tem o café como principal produto da balança comercial, configurando uma perda significativa de importância do desempenho da "commodity" na economia brasileira, o que trouxe como consequência, a perda do interesse político/econômico e da força da cadeia café como grupo de pressão (ZYLBERSZTAJN, 1993).

No entanto, apesar deste quadro não ser dos mais promissores, o café é um produto de forte apelo emocional, e o parque cafeeiro brasileiro, por sua variedade e complexidade, apresenta plenas condições de atendimento aos diferentes tipos de necessidades dos consumidores nacionais e internacionais. Estes aspectos favoráveis apontam várias possibilidades para o crescimento e para a melhoria da qualidade e produtividade do café brasileiro (ZYLBERSZTAJN, 1993). Teremos, no entanto, que seguir o caminho da qualidade. A procura de novos mercados, assim como uma maior divulgação do café brasileiro no exterior, servirão, também, para aumentar o consumo mundial e, conseqüentemente, nossas exportações. É preciso desestimular o produto de baixa qualidade, assim como auxiliar o combate aos cafezais improdutivos e antieconômicos (BRASIL, s.d.).

## **2.2. Principais Fatores de Estabilidade do Café Torrado e Moído Considerados na Especificação de Sistemas de Embalagem**

Os principais parâmetros que devem ser considerados na especificação de sistemas de embalagem para café torrado e moído, visando sua estabilidade durante a estocagem são:

### **2.2.1. Proteção em relação ao oxigênio**

A estabilidade do café torrado e moído como função da concentração de oxigênio é bastante complexa, uma vez que a degradação oxidativa ocorre em concentrações muito baixas de oxigênio (FARIA, 1978<sup>c</sup>). O efeito do espaço-livre da embalagem na deterioração oxidativa de alimentos é muito importante para a estabilidade durante a estocagem. Se um produto é embalado em atmosfera normal, um volume grande de espaço-livre é indesejável, uma vez que ele se constitui num grande reservatório de oxigênio (FARIA, 1978<sup>a</sup>). É amplamente aceito que a embalagem do café torrado e moído, em atmosfera com baixa concentração de oxigênio, ou mesmo na ausência desse gás, resulta em conservação mais prolongada do sabor e aroma do produto. O próprio gás carbônico, formado devido à pirólise da torração, frequentemente forma uma atmosfera de baixa concentração de oxigênio em volta do produto, dependendo das condições de embalagem (QUAST et alii, 1977).

O desenvolvimento do aroma ocorre pela pirólise do grão de café, caracterizada pelas alterações de cor que o produto sofre e pela formação de uma complexa mistura de substâncias químicas que lhe conferem o aroma característico. A estabilidade desta mistura de compostos orgânicos decresce à medida que ocorre o seu contato com o oxigênio atmosférico, sendo essa reação acelerada pelo aumento de temperatura e pela presença de umidade. Esta mistura, que é responsável pelo aroma e sabor do café torrado e moído, é bastante instável na presença de oxigênio. Quando oxidada, dá origem ao que se convencionou chamar de café velho (CABRAL & FERNANDES, 1982) & (SCHONBRUN, 1988). Em razão da sensibilidade do produto em relação ao oxigênio, recomenda-se para seu acondicionamento o emprego de embalagens com baixa permeabilidade a esse gás. Segundo SIVETZ & FOOTE (1963),

30 mL de oxigênio são suficientes para deteriorar 1 kg de café torrado. A situação é muito mais crítica em café torrado e moído, quando cerca de 600 mL de ar atmosférico, ou seja, 120 mL de oxigênio, ficam retidos entre as partículas. Essa quantidade de oxigênio é cerca de quatro vezes superior à necessária para deteriorar o produto, o que permite concluir que, a menos que o oxigênio seja retirado do interior do pacote, pouca proteção será obtida pelo uso de materiais de embalagens recomendados.

### **2.2.2. Permeabilidade ao gás carbônico**

É conhecido que durante a torração do café não somente se obtém coloração adequada e formação de aroma, mas também ocorre uma formação considerável de gás carbônico, que é armazenado no grão. A moagem do café torrado permite uma maior liberação desse gás carbônico contido no grão torrado (CABRAL & FERNANDES, 1982). Este gás, se difundido dos grãos, dentro de uma embalagem impermeável, constitui um especial problema pois ocasiona um aumento de pressão, chegando muitas vezes a estufar a embalagem, podendo até rompê-la (ATENCIA, 1985) & (SCHONBRUN, 1988).

Segundo QUAST (1968) uma das modificações mais importantes que ocorre durante a torração do café consiste num aumento dos volumes dos grãos, devido à pirólise que libera quantidade considerável de gás carbônico (1 a 2%). Metade deste gás é eliminada durante a torração, enquanto que a outra permanece no interior dos grãos. Por ocasião da moagem, a maior parte deste gás é liberada e protege o produto contra a ação do oxigênio, inclusive durante o armazenamento do café torrado e moído. Cerca de um volume de gás carbônico é liberado para cada volume de café torrado.

De acordo com SIVETZ & FOOTE (1963), a liberação do gás carbônico ocorre principalmente nas primeiras 8 horas após a moagem. Depois desse período a liberação se torna lenta e é função do grau de subdivisão dos grãos. MORI et alii (1985), com base nisto, sugerem que se faça um intervalo de 6 a 8 horas entre a moagem e o acondicionamento do produto. Durante esse período, o produto deverá ser mantido em atmosfera isenta de oxigênio. Com esta prática evita-se o estufamento das embalagens.

### **2.2.3. Permeabilidade ao vapor de água**

O café torrado e moído é particularmente sensível à umidade, na medida que esta facilita a deterioração do aroma que lhe é característico. Por este motivo, a embalagem deve caracterizar-se por baixa taxa de permeabilidade ao vapor de água (CABRAL & FERNANDES, 1982).

O café torrado é um produto seco muito higroscópico, com uma atividade de água em torno de 0,2. O café torrado tem originalmente um teor de umidade inferior a 3%. De acordo com estudos realizados no Brasil, a partir de uma umidade de 6% (atividade de água = 0,5), o café se aglomera e a partir de 7% o produto deteriora-se rapidamente (COLÔMBIA, s.d.º).

Segundo SIVETZ & FOOTE (1963), a umidade do café torrado e moído não deve ser superior a 6 ou 7%. CABRAL & FERNANDES (1992) afirmam que considerável redução na concentração de água no grão ocorre durante a torrefação em virtude das elevadas temperaturas utilizadas. O teor de umidade do café se reduz até pelo menos 6%, nível permitido pela legislação brasileira (Resolução 12/78 de 30/03/78 - CNNPA).

### **2.2.4. Manutenção do aroma**

As mudanças químicas (oxidações ou reduções) responsáveis pelo desenvolvimento do aroma e do sabor do café ocorrem principalmente durante a torração. O principal interesse na indústria de café é obter resultado analítico em grãos de café torrado, verificando-se o ponto exato do desenvolvimento do aroma (FIGUEIREDO, 1966).

O aroma do café é muito importante do ponto de vista de consumo, pois não somente produz uma sensação agradável, mas também exerce uma grande influência na aceitabilidade do café torrado e moído (FIGUEIREDO, 1966).

Em função de sua originalidade, intensidade e características, o aroma do café despertou a curiosidade de pesquisadores, bem antes dos progressos da química moderna que permitiram a descoberta e identificação de seus principais constituintes (FLAMENT, 1987).

Segundo FIGUEIREDO (1966), o interesse pela composição química do café, principalmente pelos componentes aromáticos voláteis, tem sido muito grande desde 1966. Essas substâncias orgânicas, embora presentes em pequenas porcentagens, são de grande importância, uma vez que participam das características aromáticas do café e determinam de forma preponderante a qualidade da bebida. Em vista da variabilidade da rubiácea, do tratamento no cultivo e do processo de secagem, torna-se difícil fornecer uma bebida padronizada e de elevada qualidade aromática.

VITZTHUM & WERKHOFF (1978) desenvolveram um método para mensurar o grau de envelhecimento do café, a partir da análise cromatográfica gasosa do aroma, por técnicas de espaço-livre. O método baseia-se em dois índices, calculados a partir das relações entre as quantidades dos compostos 2-metilfurano, butanona-2 e metanol. A partir da análise dos índices MB (relação entre 2-metilfurano e butanona-2) e MM (relação entre metanol e 2-metilfurano) mensura-se o grau de envelhecimento do café torrado e moído.

A complexidade do flavor do café e a particular sensibilidade e especialidade de indivíduos treinados, no entanto, torna impossível reproduzir as avaliações sensoriais destes indivíduos por qualquer técnica objetiva. Técnicas disponíveis de análise química como cromatografia gasosa, espectrometria de massa, cromatografia líquida de alta eficiência, etc. são caras e consomem muito tempo, o que tem impedido seu uso rotineiro na análise e classificação de café (FERIA-MORALES, 1992).

CLAUDE (1977) indica que o aroma e o sabor têm três dimensões: o prazer, a natureza da sensação e a intensidade desta. Segundo FIGUEIREDO (1966), a ingestão, a seleção e aceitabilidade do café são determinadas em larga escala, pelas propriedades sensoriais, e estas são resultantes dos componentes aromáticos que exercem tríplice ação em nossos sentidos.



O desenvolvimento de técnicas como cromatografia gasosa e espectrometria de massa e a aplicação de pessoas, especializadas no uso destes equipamentos, no estudo da química do aroma do café, permitiram a descoberta de quão instáveis e complexas são estas misturas químicas. O aroma do café é tão complexo que nenhuma indústria de aromas sente-se capacitada para produzir um aroma sintético de café (SIVETZ, 1985).

Até 1990, segundo CLARKE (1990), já haviam sido identificados 700 compostos voláteis presentes no café e aproximadamente 250 quantificados. A físico-química desses compostos está intimamente ligada com seus pontos de ebulição, pressões de vapor, taxas de solubilidade, coeficientes de atividade, volatilidades relativas e coeficientes de difusão em vários solventes, principalmente água/extratos de café.

A Tabela 2 mostra os compostos responsáveis pelo aroma do café torrado, identificados até 1990, classificados em 18 famílias distintas, de acordo com seus grupos funcionais e suas estruturas básicas heterocíclicas.

Como se pode ver, os principais componentes aromáticos do café são furanos (16,1%), pirazinas (11,8%), pirróis (11,0%) e cetonas (10,45%). Isto pode ser facilmente visualizado na Figura 1.

Tabela 2 - Constituintes do flavor do café.

Família	Grupo Funcional	Número de Compostos
1	Hidrocarbonetos	51
2	Álcoois	19
3	Aldeídos	28
4	Cetonas	70
5	Ácidos	20
6	Ésteres	30
7	Lactonas	8
8	Aminas	21
9	Tióis, sulfitos	13
10	Fenóis	44
11	Furanos	108
12	Tiofenóis	26
13	Pirróis	74
14	Oxazóis	28
15	Tiazóis	27
16	Piridinas	13
17	Pirazinas	79
18	Outros	11
<b>Total</b>		<b>670</b>

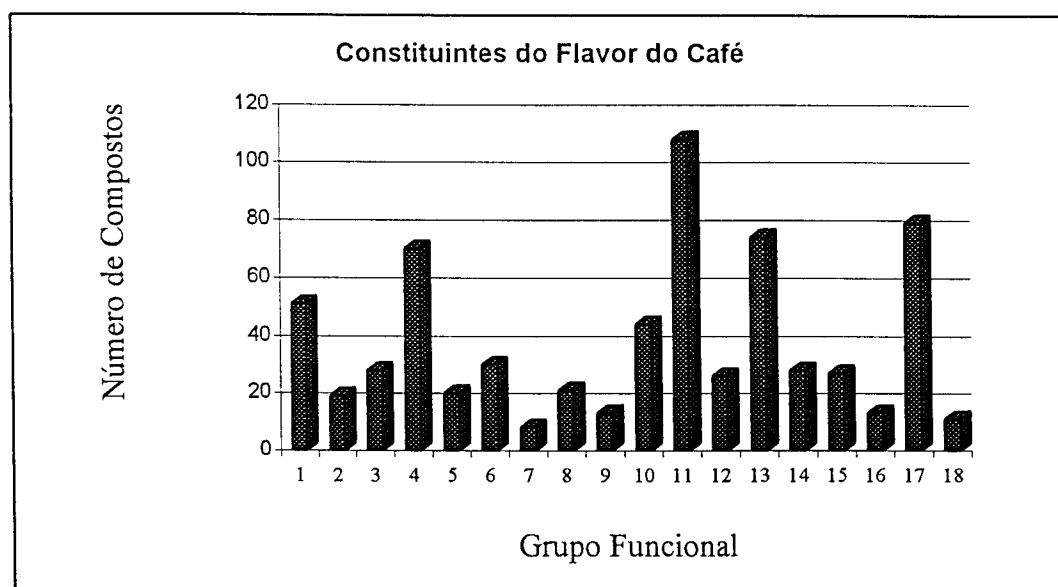


Figura 1 - Funcionalidade dos constituintes do flavor do café.  
(FLAMENT & CHEVALLIER, 1988)

### **2.2.5. Recomendações diretamente relacionadas com a embalagem**

A perfeita termossoldagem do material de embalagem é essencial na manutenção da qualidade do alimento, porque impede o contato deste com o oxigênio e o vapor de água. Quanto menor for a permeabilidade destes materiais, mais relevante será a contribuição da termossoldagem na manutenção da hermeticidade da embalagem. Nessas condições, a soldagem representa o ponto mais frágil, ou o canal preferencial da estrutura, responsável pela penetração de oxigênio e umidade nos pacotes, bem como pela liberação de seus componentes aromáticos e do gás carbônico (CABRAL & FERNANDES, 1982).

Outras recomendações, diretamente relacionadas com a embalagem, devem também ser citadas. A embalagem do produto deve, além de contê-lo, lhe oferecer resistência mecânica; ser inerte, não desprendendo odores, sabores e nem materiais tóxicos, deve resistir a variações de umidade e temperatura, não se alterar na presença de luz, ser uma barreira eficaz contra líquidos, vapores e gases, permitir fácil manuseio e boa maquinabilidade; fornecer resistência contra microrganismos e insetos, oferecer excelente resistência à matéria gordurosa do café. Além disso deve fornecer ao produto uma boa apresentação e se possível ser reciclável e de baixo custo (COLÔMBIA, s.d.<sup>a</sup>) & (SIVETZ & DESROSIER, 1979).

### **2.2.6. Outros fatores de estabilidade do produto**

Para a manutenção da estabilidade do produto deve-se considerar, ainda, o efeito da temperatura, luz e umidade durante o armazenamento. A temperatura de armazenamento pode influenciar consideravelmente a taxa de oxidação do café torrado e moído. A taxa de oxidação a 30°C pode ser o dobro da taxa a 20°C. Quanto a luz, temos que a fotoxidação também pode causar alterações nos alimentos e pode induzir a formação de novos sabores, provenientes da oxidação de proteínas, aminoácidos e lipídios. O efeito catalítico da luz é mais pronunciado para luz de alta energia quântica, por exemplo, luz com comprimento de onda baixo no espectro visível e no espectro ultravioleta. Juntamente com o comprimento de onda, e como função da sensibilidade de



cada produto, a intensidade da luz e a duração da exposição são importantes para a estabilidade do mesmo (FARIA, 1978<sup>a</sup>).

### 2.3. Sistemas de Embalagem

Antes de se tecer considerações específicas sobre os sistemas de embalagem para café, é fundamental que se compreenda a necessidade de se estabelecer uma perfeita correlação entre a proteção e a vida-de-prateleira desejada, de modo a evitar o subdimensionamento tão frequente em projetos de especificação de embalagens para esse produto. Para isso convém rever o conceito básico de vida-de-prateleira, que pode ser definido como sendo o período decorrido entre a produção e o consumo, durante o qual o alimento se mantém dentro de padrões aceitáveis de qualidade, previamente estabelecidos (CABRAL & FERNANDES, 1982).

A embalagem de um produto alimentício tem como finalidade contê-lo e protegê-lo, ao mesmo tempo que, pela sua apresentação, cumpre o papel promocional de vendas. No caso do café torrado e moído, cuja vida-de-prateleira depende fundamentalmente da intensidade da sua exposição ao oxigênio e ao vapor de água, a função principal da embalagem é evitar o contato do alimento com o ambiente externo (CABRAL & FERNANDES, 1982).

A embalagem tem se tornado um insumo muito importante nos custos das empresas, tanto do café torrado e moído como do solúvel. Nas companhias mais modernas, os custos desse insumo possuem uma participação maior, traduzindo-se em uma estratégia de adicionar valor ao produto. Este aumento de custo se explica facilmente quando se observam as embalagens disponíveis no mercado do torrado e moído. Pode-se encontrar desde as mais simples, como as tradicionais embalagens cartonadas, geralmente em bares e padarias, a "almofada" de polietileno ou de polipropileno, utilizada principalmente nos supermercados, as sofisticadas embalagens a vácuo, que necessitam de equipamentos especiais, a de plástico, até as com válvulas aromatizantes, utilizadas no mercado internacional, e recém introduzidas no Brasil. De um modo geral, percebe-se a existência de elaboradas estratégias e ações de marketing, no

que se refere a embalagem, produto e comunicação, sugerindo existir intensa disputa pela preferência do consumidor (ZYLBERSZTAJN, 1993).

Os materiais de embalagem mais comumente usados são o papel celofane (para curta duração), os filmes plásticos (polietileno, polipropileno e poliéster), o plástico metalizado (usados em embalagens a vácuo) e as latas (muito usadas no Japão). A introdução de gases inertes (vácuo compensado) ou a retirada total do ar (vácuo puro), nas embalagens, conservam o café por períodos longos (de seis meses a um ano) (MATIELLO, 1991).

Segundo ZYLBERSZTAJN (1993), as empresas produtoras de embalagem têm estado atentas às mudanças ocorridas no mercado, sugerindo novidades e fazendo adaptações. Em geral, as indústrias "progressistas" mantêm um bom relacionamento com essas empresas, desenvolvendo parcerias. Estas mudanças têm uma implicação relevante, no mercado de café torrado e moído, pois, com o advento das embalagens a vácuo, aumenta-se a vida útil do produto, de dias para meses, e por este motivo, estende-se a amplitude geográfica do mercado. Isso favorece as empresas que dispõem de máquinas de empacotar a vácuo, que podem passar a ameaçar as empresas locais, as quais possuíam um mercado relativamente protegido pela alta perecibilidade e baixo valor específico do produto. Além do mais, essas empresas podem partir em direção aos mercados internacionais.

Para o café torrado e moído, utilizam-se, no Brasil, três sistemas básicos de embalagem, diferenciados pela concentração interna de oxigênio. Estes sistemas são descritos a seguir.

### **2.3.1. Embalagem em atmosfera normal**

A embalagem em atmosfera normal é bastante simples, sendo o pacote fabricado a partir de papel que apresenta alta permeabilidade a gases e ao vapor de água. A perda de aroma ocorre a velocidades significativamente altas. Por vezes, o papel é constituído de duas camadas, servindo a externa para impressão e a interna como barreira

à passagem de matéria gordurosa. O fechamento do pacote é feito por colagem, por dobras sucessivas na sua parte superior e aplicação de etiqueta adesiva, ou ainda por grampos. Apesar desse tipo de embalagem absorver matéria gordurosa, o pacote de papel pode ser considerado satisfatório para café torrado e moído em face da reduzida vida-de-prateleira esperada nesse caso (CABRAL & FERNANDES, 1982). Segundo SIVETZ & DESROSIER (1979), o café torrado e moído pode ser embalado em sacos de papel, quando for estocado por pequenos períodos (menos que duas semanas).

### **2.3.2. Embalagem a vácuo compensado**

Segundo CABRAL & FERNANDES (1982), o café torrado e moído pode ser acondicionado mediante emprego de vácuo compensado, que se caracteriza pela retirada do oxigênio através da inertização do espaço-livre das embalagens. Esta inertização compensa a diferença das pressões interna e externa, originando daí a denominação atribuída ao processo. No sistema de vácuo compensado, a atmosfera interna de oxigênio é sensivelmente reduzida, desde que a embalagem do produto não seja perfurada. Na verdade, o que ocorre, é que habitualmente, o produtor embala o café antes que o gás carbônico seja totalmente liberado e fura a embalagem para evitar que ela estufe. Esta perfuração é incorreta e danosa para a qualidade do produto, sugerindo ao consumidor uma proteção que na realidade inexistente.

Os materiais de embalagem usados para café embalado a vácuo compensado, desde que não sejam perfurados, devem apresentar principalmente baixa permeabilidade ao oxigênio e ao vapor de água, ao mesmo tempo que permitam soldagem perfeita. O laminado celofane/polietileno é um dos materiais mais utilizados para essa finalidade. Trata-se de um filme de celofane impresso colado ao polietileno, reunindo a excelente termossoldagem e baixa permeabilidade ao vapor de água do segundo à excelente barreira a gases do primeiro. Os inconvenientes desse material são a possibilidade de passagem de matéria gordurosa do café através do polietileno e a sensibilidade do celofane a menos que revestido externamente à estocagem em ambientes com alta umidade relativa. Os lipídios podem, eventualmente, manchar as partes impressas em cores claras. A umidade reduz sensivelmente as características de barreira do celofane. Uma alternativa para esse tipo de material é o laminado

polipropileno/polietileno que apresenta permeabilidade a gases inferior ao celofane/polietileno, equivalendo-se a este, no entanto, no tocante à resistência à passagem de gorduras e à excelência da termossoldagem. Como vantagem, o polipropileno/polietileno apresenta menor susceptibilidade à umidade relativa ambiente (CABRAL & FERNANDES, 1982).

### **2.3.3. Embalagem a vácuo**

Segundo CABRAL & FERNANDES (1982), no sistema de embalagem a vácuo, a preservação da qualidade do produto é conseguida por meio de evacuação das embalagens prontas. Após a remoção do gás, procede-se a termossoldagem do pacote e, desde que tenha sido utilizado material de embalagem com baixa permeabilidade a gases, a qualidade do café torrado e moído permanece inalterada por um período mínimo de seis meses, dependendo do vácuo obtido e da temperatura de estocagem.

Teoricamente, a melhor embalagem a vácuo para café é a lata, em face da sua hermeticidade e resistência mecânica. No Brasil, porém, os produtos são embalados a vácuo em estruturas laminadas flexíveis. Neste sistema, é criado um diferencial de pressão entre as superfícies externa e interna da embalagem, de tal modo que ela seja comprimida contra o produto. Obtém-se, assim, a rigidez que, à vista do consumidor final pode ser considerada como indicadora da sua qualidade; enquanto o nível de vácuo estiver acima do limite mínimo tolerado, a embalagem se manterá rígida. Recomenda-se um nível mínimo de vácuo entre 650 e 700 mmHg, condição em que cerca de 90% do oxigênio é retirado. O gás carbônico liberado reduz ligeiramente o nível de vácuo, mas tem o efeito benéfico de manter uma composição percentual relativamente rica neste gás.

O sistema de embalagem a vácuo requer o emprego de materiais com baixíssima permeabilidade a gases e ao vapor de água, excelente barreira a gorduras, boa resistência mecânica, termossoldagem altamente resistente e, como consequência, de alto custo de fabricação. Os laminados que tenham alumínio em sua estrutura respondem bem a essas exigências. A metalização a vácuo surge como uma opção muito utilizada em materiais de embalagem para café. O poliéster e o polipropileno são passíveis de metalização, e as estruturas poliéster metalizado/polietileno e polipropileno biorientado

metalizado/polietileno, pelas suas propriedades, são indicadas como opções muito boas para a manutenção da qualidade do café torrado e moído (CABRAL & FERNANDES, 1982).

#### **2.3.4. Sistemas alternativos de embalagem que permitem reduções consideráveis nos níveis de oxigênio**

Apresentamos anteriormente algumas considerações sobre o envase a vácuo, que é o mais comum e o único empregado no Brasil para redução do teor de oxigênio. Já existem, no entanto, outros sistemas estudados para café. A seguir, serão apresentadas algumas alternativas à utilização do vácuo.

Um dos segmentos da tecnologia em maior crescimento para estender a vida-de-prateleira de alimentos, consiste nos sistemas de embalagem de atmosfera de gás modificada ou controlada. Esta técnica é capaz de produzir vácuo, vácuo parcial ou atmosferas de gás inerte em embalagens flexíveis de alta barreira. Em alguns casos, o vácuo altera as características do produto e, nestes casos, uma pressão atmosférica gerada pela substituição do ar por gases inertes resolve o problema (FARIA, 1978<sup>b</sup>).

Atmosferas controladas ou modificadas consistem num conjunto de formulações gasosas, de grau alimentício, baseado nos conceitos de modificação de atmosferas, com o objetivo de atender a requisitos de aplicações específicas. O propósito básico consiste em não alterar o produto e sim a atmosfera ao redor, a fim de retardar ou inibir as atividades responsáveis pela deterioração dos alimentos. Normalmente, o termo atmosfera modificada refere-se a um acondicionamento em que a atmosfera ao redor do produto gradualmente se altera com o decorrer do tempo, devido à ação do próprio produto e à permeabilidade da embalagem (WHITE MARTINS, 1991).

FARIA (1978<sup>b</sup>) afirma que para se embalar café em recipientes herméticos, é necessário, antes do envase, mantê-lo fora do contato com o ar para um período de evaporação, representando isto um alto custo operacional e causando perdas significantes de aroma e sabor. Uma empresa italiana, segundo o autor, tem utilizado uma válvula de escape de gases em uma direção única. Esta válvula plástica é composta de três partes:



uma chapa, um disco de borracha e uma tampa. Ela é aplicada na embalagem através de um processo de selagem a quente. Esta válvula permite a saída do gás carbônico da embalagem, ao mesmo tempo que previne a entrada de qualquer quantidade substancial de oxigênio.

KRAYER (1983) descreve uma válvula para proteção do aroma do café, que permite a saída do gás carbônico da embalagem sem permitir a entrada de oxigênio, não alterando assim o aroma do produto pela oxidação. Neste trabalho, a vida útil do café aumentou de 4-5 semanas para 6-12 meses. Isto eliminou a necessidade de frequentes verificações da qualidade do produto nos pontos de venda, e minimizou reclamações. O uso desta válvula de proteção do aroma não garante concentrações de oxigênio inferiores a 0,5% na embalagem. Sua utilização é menos adequada para café moído do que para café em grãos, em função de, no primeiro caso, partículas finas de café poderem interferir na operação da válvula.

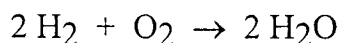
Uma outra tecnologia avançada para se conseguir uma máxima conservação do café torrado e moído, consiste na introdução de um sachê no qual existe um material que absorve o oxigênio existente no interior da embalagem (COLÔMBIA, s.d.<sup>b</sup>).

A idéia da utilização de um absorvedor de oxigênio não é recente. Existem, pelo menos, 50 patentes concedidas no mundo usando diferentes tecnologias, como os absorvedores "Ageless", que serão descritos posteriormente. Outros tipos de absorvedores são os fotosensitivos que indicam a oxidação através de mudança de cor, os que se baseiam na oxidação do ácido ascórbico e aqueles que utilizam carbonato de ferro ou enxofre (LABUZA, 1987).

Dentro desse segmento, pode-se citar os seguintes absorvedores de oxigênio:

### **Absorvedores à base de paládio**

Estes absorvedores removem o oxigênio da embalagem catalisando a seguinte reação:



Esse sistema envolve a passagem de um fluxo rápido de hidrogênio combinado com nitrogênio na embalagem com o produto. Esses absorvedores podem ser bastante efetivos consumindo e mantendo níveis muito baixos de oxigênio na embalagem (FARIA, 1978<sup>b</sup>).

### **Absorvedores à base de polímeros orgânicos**

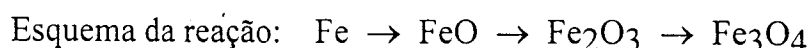
O "Longlife", produzido pela Aquanautics Corp., é um polímero orgânico absorvedor de oxigênio. Ele pode ser utilizado de muitas formas e pode eliminar o oxigênio de qualquer ambiente (sólidos, líquidos e gases), prolongando assim, o tempo de vida útil dos produtos, sem a necessidade de se recorrer aos tradicionais aditivos alimentares. A estrutura molecular do polímero controla a força de atuação do oxigênio e a velocidade de reação (COLÔMBIA, s.d.<sup>b</sup>).

### **Absorvedores de oxigênio à base de óxidos de ferro**

SACHAROW (1988) afirma que os absorvedores de oxigênio apresentam-se como uma excelente alternativa às atmosferas modificadas. Segundo ele, vários absorvedores de oxigênio em uso, baseiam-se em ferro, que se oxida ao estado férrico. Um requisito para este tipo de absorvedor é que a atividade de água do alimento seja suficiente para oxidar o ferro. O sistema "Fresh Lock", utilizado pela Maxwell House Coffee, consiste num absorvedor a base de ferro dentro da embalagem de café. Hidróxido de cálcio, que absorve dióxido de carbono, também é adicionado. Portanto,

este sistema absorve oxigênio e gás carbônico. Em alta umidade, o hidróxido de cálcio reage com gás carbônico para produzir carbonato de cálcio.

Um outro absorvedor a base de ferro, é o absorvedor de oxigênio "Ageless". Ele permite reduções dos níveis de oxigênio para 0,01% (100 ppm), ou menos. Estes níveis são inferiores aos que se consegue com a utilização de vácuo. Este produto não apresenta problemas de toxicidade, em função de seu componente principal ser o ferro oxidado, que se transforma em óxidos e hidróxidos de ferro após a absorção do oxigênio (MITSUBISHI GAS CHEMICAL COMPANY, 1983).



O custo deste produto quando comparado aos custos que o acondicionamento a vácuo envolve, pode ser mais elevado. Mas, quando se considera a relação custo/benefício, sua utilização torna-se vantajosa. Entre outros fatores, deve-se considerar que, conservantes convencionais, antioxidantes e acondicionamento a vácuo não eliminam totalmente o oxigênio. Outra consideração a ser feita é o fato do absorvedor especificado para café torrado e moído (tipo E), consumir também o gás carbônico da embalagem (NAKAMURA & HOSHINO, 1983).

Segundo, a MITSUBISHI GAS CHEMICAL COMPANY (1983), para o café torrado, o tipo de "Ageless" a ser utilizado é o "E", que absorve oxigênio e dióxido de carbono. Os tipos e capacidades dos "Ageless" usados para café torrado são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Capacidade de absorção de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub> do "Ageless" para café torrado e moído.

Tipo e capacidade do "Ageless"	Poder de absorção de CO <sub>2</sub> (mL)	Poder de absorção de O <sub>2</sub> (mL)
E-250	250	25
E-500	500	50
E-1000	1000	100
E-2000	2000	200

MITSUBISHI GAS CHEMICAL COMPANY (1983)

Segundo NAKAMURA & HOSHINO (1983) & OGAWA (1990), para se obter uma melhor eficiência na utilização de um absorvedor de oxigênio, as seguintes condições devem ser observadas:

- Deve-se utilizar materiais de embalagem com propriedades de alta barreira ao oxigênio, porém compatíveis com o tempo de vida-de-prateleira desejado, uma vez que esses filmes são caros. Consequentemente, deve-se escolher o filme a ser utilizado de acordo com a vida útil desejada para o produto;
- O filme selecionado, bem como o processo utilizado, devem permitir uma selagem adequada;
- Deve-se selecionar um absorvedor correto que permita a redução do oxigênio para próximo de 0%, num espaço de tempo apropriado. Para isto, é importante se considerar as características do alimento, processamento, embalagem, formas de armazenamento, distribuição, comercialização e vida-de-prateleira desejada.

Segundo SPAULDING (1988), os absorvedores "Ageless" detém pelo menos 75% do mercado japonês, utilizados principalmente em produtos desidratados, comercializados à temperatura ambiente.

A utilização de absorvedores enzimáticos de oxigênio também surge como uma opção para a conservação do produto. Este tópico será abordado a seguir.

### **2.3.5. Sistema enzimático glicose-oxidase/catalase**

Durante os últimos vinte anos, a aplicação industrial de enzimas tem crescido rapidamente, podendo crescer ainda muito mais. Novas enzimas abrem novas possibilidades. Em alguns setores, praticamente não se conhece nada sobre a aplicação de enzimas. As razões do êxito das enzimas podem ser resumidas em quatro palavras: eficácia, precisão, comodidade e economia (NOVO NORDISK, 1989).

Grandes mudanças têm ocorrido na indústria de alimentos como resultado dos avanços e inovações no uso de enzimas. Ainda que, muitas aplicações específicas têm sido encontradas, o custo de obtenção e, conseqüentemente, o custo-benefício das enzimas se apresenta sempre como uma barreira. Muitos avanços têm sido feitos com o desenvolvimento da biologia molecular, buscando implementar formas econômicas de se produzir enzimas. Um esforço contínuo e agressivo no sentido de abrir novas oportunidades para enzimas, resultará em consideráveis vantagens econômicas para diversos setores da indústria de alimentos (PENET, 1991).

O sistema enzimático glicose-oxidase/catalase, disponível comercialmente, é obtido a partir da fermentação do *Aspergillus niger* e catalisa as reações descritas na Figura 2 (NOVO NORDISK, 1990a).

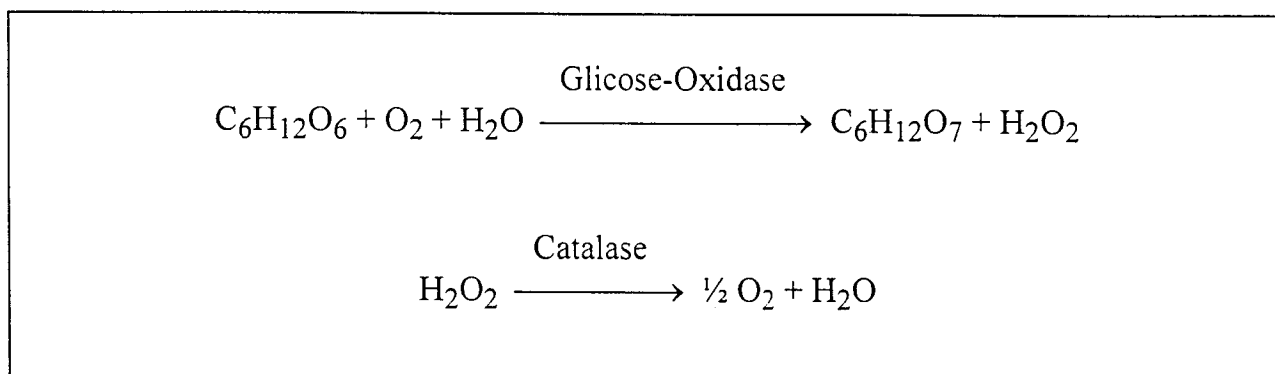


Figura 2 - Reações catalisadas pelo complexo enzimático glicose-oxidase/catalase. (NOVO NORDISK, 1990a)

A Figura 3 mostra como ocorre a oxidação da glicose na presença do complexo enzimático glicose-oxidase/catalase. A enzima catalisa a conversão da glicose em ácido glucônico. Como se pode ver na Figura 3, o grupo aldeído da glicose é oxidado a ácido carboxílico (NOVO NORDISK, 1990b).

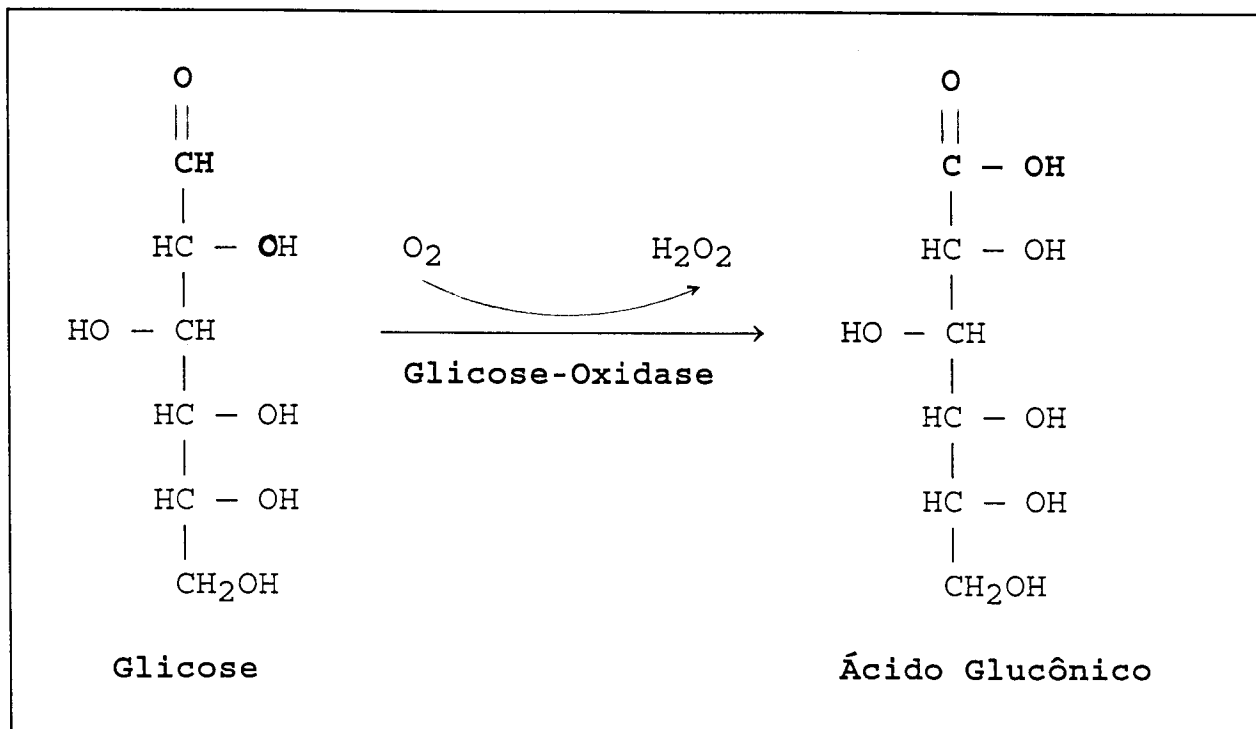


Figura 3 - Oxidação da glicose.  
(NOVO NORDISK, 1990<sup>b</sup>)

Segundo LABUZA & BREENE (1989), glicose-oxidase, uma das enzimas mais promissoras que pode ser usada como absorvedor de oxigênio, é uma clássica óxido-reductase. A enzima proporciona a transferência de dois hidrogênios do grupo -CHOH da glicose para o oxigênio com a formação de gluco-delta-lactona e peróxido de hidrogênio. A lactona espontaneamente reage com água para formar ácido glucônico. Um mol de glicose reage com um mol de oxigênio.

Na presença de catalase, um contaminante comumente encontrado nas preparações de glicose-oxidase, o peróxido de oxigênio é quebrado em água e oxigênio, no entanto, na presença de catalase, um mol de glicose reage somente com meio mol de oxigênio, diminuindo a efetividade total do sistema. A glicose-oxidase pura, é muito cara, mas a utilização conjunta com a catalase fornece uma redução de custos (DZIEZAK, 1986) & (LABUZA & BREENE, 1989).

Atualmente, várias empresas produzem o sistema glicose-oxidase/catalase em larga escala. O desenvolvimento da biotecnologia tem permitido uma diminuição nos custos de sua produção. A atividade e o custo da enzima possibilitam hoje a utilização eficiente de sachês com o complexo enzimático para a absorção de oxigênio, num preço aceitável (LABUZA & BREENE, 1989).

Ao contrário dos conservantes químicos, a glicose-oxidase apresenta nítidas vantagens, entre elas a de oferecer uma proteção contínua. O seu uso, entretanto, deve obedecer a restrições do sistema enzimático, como estabilidade térmica, pH ótimo e consumo de oxigênio. A Novo Nordisk, fabricante comercial deste complexo enzimático, fornece como características de seu produto, estabilidade nas faixas de pH entre 3,5 e 7,0 e temperatura até pelo menos 50°C, podendo ser utilizada provavelmente até 60°C. As Figuras 4 e 5 mostram a atividade da glicose-oxidase versus temperatura (medida em pH 5,1) e versus pH (medida a 25°C), respectivamente (NOVO NORDISK, 1990a).

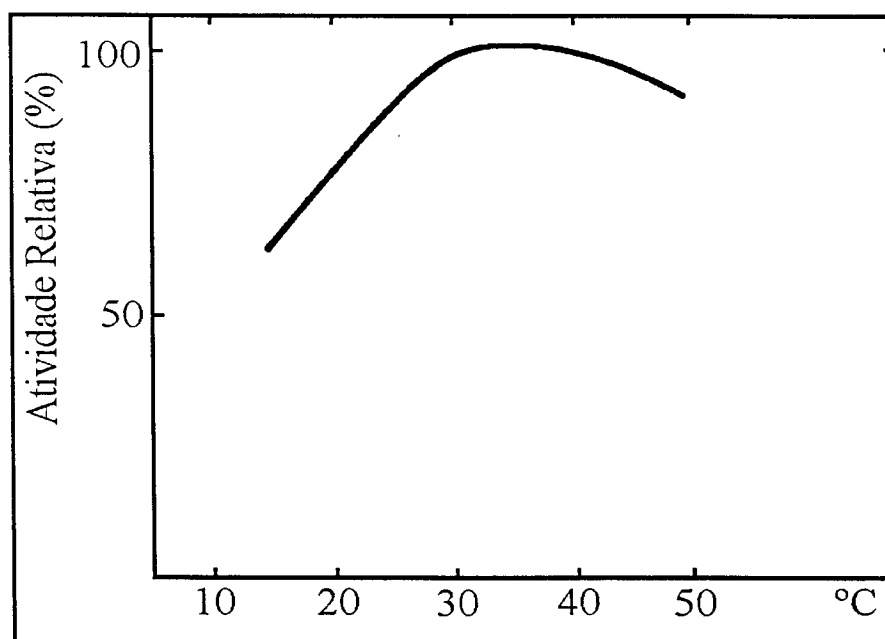


Figura 4 - Atividade da glicose-oxidase versus temperatura (medida em pH 5,1).  
(NOVO NORDISK, 1990a)

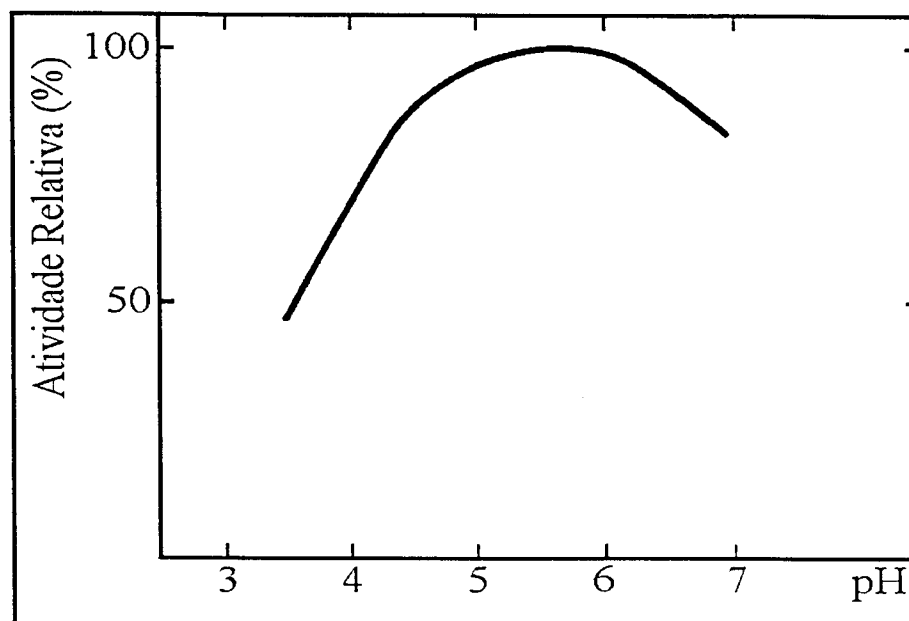


Figura 5 - Atividade da glicose-oxidase versus pH (medida a 25°C).  
(NOVO NORDISK, 1990<sup>a</sup>)

BARTON et alii (1957) estudaram o uso do sistema enzimático glicose-oxidase/catalase na proteção de alimentos e bebidas. No estudo foi verificado que a enzima é ativa numa faixa ampla de pH, sendo estável, inclusive, em temperaturas relativamente altas. A sua ação protetora é função do tipo do alimento. O trabalho mostrou que quando se utiliza certos tipos de bebidas em garrafas, consegue-se manter a cor, o sabor e o aroma do produto. No caso de bebidas enlatadas, têm-se a redução da contaminação da bebida pelas latas e uma redução efetiva no teor de oxigênio do espaço-livre.

OHLMEYER (1957) utilizando glicose-oxidase em cerveja, verificou que o sistema enzimático permanece ativo, desde o momento em que é adicionado ao produto, até o momento do consumo, e que sua ação é até melhorada por algumas das etapas do processamento da cerveja. A enzima inibiu as reações de oxidação em cerveja pasteurizada e diminuiu a contaminação da cerveja pelas latas. Ela foi efetiva em retardar a deterioração de cerveja não pasteurizada, inibindo o crescimento de leveduras. As pequenas quantidades de glicose normalmente presentes na cerveja, foram suficientes para



permitir que o sistema enzimático funcionasse e catalisasse a reação do oxigênio livre com a glicose. Os testes realizados para determinar o aumento do grau de oxidação em função do tempo, mostraram que o tratamento com a enzima permite que cerveja pasteurizada mantenha suas características originais por muitos meses, e torna possível o armazenamento de cerveja não pasteurizada a temperatura ambiente por várias semanas. A quantidade necessária para estabilizar cerveja padrão é de apenas 1 mL do líquido ou ½ grama da enzima em pó por barril de cerveja.

SCOTT & HAMMER (1961) desenvolveram um sistema para captura de oxigênio em alimentos desidratados, utilizando a enzima em sachês, garantindo assim que houvesse umidade suficiente para a reação. Através dos resultados, eles concluíram que o teor de umidade do alimento é fundamental para a atividade da enzima; que a eliminação da catalase não aumenta o consumo de oxigênio, mas que na sua ausência o acúmulo de água oxigenada tende a reduzir a taxa de consumo de oxigênio; que a adição de uma solução tampão aumenta a eficiência da enzima e que não ocorre alteração na velocidade de consumo de oxigênio em função da localização dos sachês dentro das embalagens.

KOCZOT & ZALESKI (1976) estudaram morangos para compotas. O produto foi colocado em latas e em potes "Euroglass", estocado no inverno a temperaturas de 3 a 5°C e no verão a temperaturas de 10 a 15°C, com umidade relativa de 75% e com proteção contra radiação ultravioleta. As amostras de compota foram testadas sensorialmente. Uma adição de 0,3 a 0,5% de glicose-oxidase protegeu o produto de alterações oxidativas. Em comparação com o controle, o produto apresentou melhor cor, que não sofreu alterações; após 9 meses de estocagem, o produto recebeu 5 pontos contra 4 da amostra controle. O sabor, aroma e cor do produto conservaram-se melhor, a consistência não se alterou, as latas não apresentaram corrosão, não ocorreram alterações sensoriais e o produto apresentou maior teor de ácido ascórbico.

KIRSTEIN & KUEHN (1981) descrevem as quatro principais aplicações do sistema enzimático glicose-oxidase na indústria de alimentos. São elas: adição da enzima solúvel ao produto para eliminação de glicose ou oxigênio; uso da enzima imobilizada em reatores de fluxo contínuo (por exemplo para eliminação de oxigênio de sucos de frutas); impregnação da face interna de materiais de embalagem (para proteção da superfície de

alimentos úmidos contra oxidação); e adição do preparado enzimático, juntamente com tampões, glicose, catalase e quando necessário, agentes esterilizantes, em embalagens plásticas seladas (por exemplo para eliminação de oxigênio do espaço-livre de produtos secos, ou para controle de corrosão).

DZIEZAK (1986) afirma que a enzima glicose-oxidase apresenta-se como um meio de controle de rancificação, removendo oxigênio dissolvido ou presente no espaço-livre. Segundo ele, este complexo enzimático foi aprovado pelo Food Additives Amendment em 1958, considerado como um ingrediente alimentício ao invés de um aditivo. A glicose-oxidase não tem sido amplamente utilizada na indústria alimentícia, em parte pelo seu custo e em parte pela relutância dos produtores em adicionar glicose em alimentos que não sejam doces.

JUDOKUSUMO & RAND (1985) estudaram a extensão de vida-de-prateleira de camarão fresco por imersão num preparado industrial de glicose-oxidase (GOX), usando glicose como substrato e armazenando em gelo. As amostras foram monitoradas durante a estocagem. A análise sensorial de odor e de aceitabilidade geral mostrou que a enzima estendeu a vida útil do produto em 28 a 33%. As tendências demonstraram que 1 unidade GOX/mL e 4% de glicose são suficientes para inibir a atividade microbiana.

LOW et alii (1989) estudaram a redução do teor de glicose em batatas, utilizando o complexo enzimático. Os resultados mostraram que a enzima pode ser utilizada com sucesso em processamentos de produtos de batata para diminuir o teor de glicose, e conseqüentemente, o problema de alteração de cor causado pela reação de Maillard.

MISTRY & MIN (1992) utilizaram a glicose-oxidase/catalase para reduzir o teor de oxigênio dissolvido em molhos para saladas, em várias temperaturas, pH e concentrações de glicose. Os autores concluíram que para o produto em questão, a máxima atividade foi conseguida em pH igual a 6, a uma temperatura de 30°C. Uma quantidade de 0,5% de glicose foi suficiente para remover 92% do oxigênio dissolvido no produto, em 5 dias de armazenamento, enquanto que o aumento desta quantidade para até 2,0% não implicou em reduções significativas do teor de oxigênio dissolvido.

Qualquer aplicação da enzima, em produto cuja embalagem apresenta permeabilidade considerável ao oxigênio, requer a existência de uma quantidade de glicose, dimensionada de tal forma que, constantemente, dentro do período de vida útil esperada para o produto, exista substrato suficiente para que não haja uma redução na taxa de remoção de oxigênio. O substrato pode ser colocado diretamente dentro do filme, incorporado na forma de microcápsulas que lentamente liberam a glicose ou o alimento pode ser imerso no açúcar (LABUZA & BREENE, 1989).

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

---

#### **3.1. Material**

- Café torrado e moído UNIÃO, fornecido pela Companhia União dos Refinadores de Açúcar e Café.
- Embalagens (PET/ALUM/PEBD - 250 g), fornecidas pela Companhia União dos Refinadores de Açúcar e Café.
- Sistema enzimático glicose-oxidase/catalase da Novo Nordisk A/S.
- Absorvedores de oxigênio de marca comercial "Ageless", tipo E-250, fornecidos pela Mitsubishi Gas Chemical Company, Inc.
- Dextrose pura de milho "Dextrosol", da Refinações de Milho Brasil Ltda.
- Açúcar refinado, da Companhia União dos Refinadores de Açúcar e Café.
- Filtros de papel Melitta 103.
- Adesivo vedante Flexite.
- Reagentes de grau e pureza exigidos pelos métodos analíticos.

## **3.2. Métodos**

### **3.2.1. Tratamentos**

Foram realizados testes de vida-de-prateleira durante seis meses, com amostras retiradas do mesmo lote industrial de café. Testou-se a utilização do sistema enzimático glicose-oxidase/catalase, tendo sido feitos testes comparativos com amostras de controle, comerciais e amostras acondicionadas com absorvedores de oxigênio de marca comercial "Ageless". Portanto, utilizou-se quatro lotes de amostras:

#### **Complexo enzimático Glicose-OXidase/catalase (GOX)**

Amostras acondicionadas com o complexo enzimático glicose-oxidase/catalase.

#### **Embalagem a Vácuo congelada (Controle)**

Amostras de controle: pacotes de café torrado e moído acondicionado sob vácuo, congelados.

#### **Embalagem a Vácuo (Vácuo)**

Amostras comerciais: pacotes do produto embalado a vácuo.

#### **Absorvedores Ageless (Ageless)**

Amostras acondicionadas com absorvedores de oxigênio de marca comercial "Ageless".

As amostras dos lotes GOX, Vácuo e Ageless foram armazenadas em caixas de papelão e mantidas em prateleiras à temperatura ambiente. Temperaturas mensais, mínima e máxima, e o valor médio da umidade relativa do ar, para a região de Campinas durante o período de armazenamento, foram obtidas na Seção de Climatologia do Instituto Agrônomo de Campinas.

As amostras do lote Controle foram armazenadas em freezer Metalfrio modelo Double Action à temperatura de -18°C. Segundo KALLIO et alii (1990), as mudanças que ocorrem no café torrado e moído, quando este é armazenado à temperatura

de -18°C, são extremamente lentas. Isto indica que o café devidamente embalado, armazenado em freezer, pode ser usado, como uma referência que não sofre alterações, em estudos de envelhecimento do café.

### 3.2.2. Cálculos preliminares para a realização dos tratamentos

#### 3.2.2.1. Determinação do volume de espaço-livre das embalagens

Determinou-se o volume do espaço-livre de 10 embalagens de 250 gramas de café torrado e moído. Esta determinação foi feita recolhendo-se, sob a água, com o auxílio de um funil, o volume de ar existente na embalagem. O ar foi recolhido em uma proveta, inicialmente cheia de água. Ainda sob a água, verificou-se o volume de água deslocado da proveta, que corresponde ao volume de ar que estava na embalagem. O volume de espaço-livre médio das embalagens analisadas foi de  $(225 \pm 12)$  mL.

#### 3.2.2.2. Preparo do complexo enzimático

- Cálculo da quantidade de enzima a ser utilizada por embalagem.

Fez-se o cálculo da enzima para um volume de 237 mL de espaço-livre (valor máximo de espaço-livre encontrado para as embalagens utilizadas), ou seja, com base na composição média do ar, 50 mL de oxigênio.

$$\text{Volume} = 22,4 \times \frac{298}{273} = 24,45 \text{ L/mol de oxigênio a } 25^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Volume de oxigênio} = \frac{50 \times 10^{-3}}{24,45} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ moles}$$

O cálculo da quantidade de enzima necessária baseia-se na especificação da atividade enzimática, fornecida pelo fabricante. Em condições padrão, 25°C e pH 5,1, o complexo enzimático apresenta uma atividade de 2000 GOX/mL,

onde 1 GOX é a quantidade de enzima que catalisa a formação de  $10^{-6}$  moles de  $H_2O_2$

$$\text{Quantidade de enzima necessária} = \frac{2 \times 2,0 \times 10^{-3} \times 10^6}{2000} = 2,0 \text{ mL}$$

- Cálculo da quantidade de glicose a ser utilizada por embalagem

Este cálculo foi realizado segundo a estequiometria da reação de oxidação da glicose, catalisada pelo complexo enzimático.

$$\text{Quantidade de glicose} = 2 \times (2,0 \times 10^{-3}) = 4,0 \times 10^{-3} \text{ moles}$$

$$\text{Peso Molecular(glicose)} = 180$$

$$\text{ou } 4,0 \times 10^{-3} \times 180 = 0,72 \text{ g}$$

- pH

Após o preparo da mistura enzima-glicose, acertou-se o pH da mesma para 5,11, adicionando-se NaOH 0,1N. Tampão fosfato foi utilizado para manter o pH estável em 5,11.

### 3.2.2.3. Cálculo do número de sachês de absorvedor "Ageless"

Utilizou-se os absorvedores "Ageless" tipo E-250, cujo poder de absorção de oxigênio é de 25 mL e de gás carbônico de 250 mL. Portanto, colocou-se 2 absorvedores E-250 por embalagem.

### **3.2.3. Análises físicas, químicas e físico-químicas do café torrado e moído**

#### **3.2.3.1. Determinação da composição gasosa do espaço-livre das embalagens**

A determinação da composição do espaço-livre das embalagens foi realizada por cromatografia gasosa conforme descrito por MADI et alii (1978).

Está análise foi realizada 24 horas após o preparo e selagem das amostras, utilizando-se um cromatógrafo a gás modelo CG 2527, com detector de condutividade térmica e integrador processador modelo CG-100.

#### **Condições da análise:**

Colunas: Peneira molecular 5A com diâmetro de 1/8" e comprimento de 3,0 m;  
Porapak-Q, com diâmetro de 1/8" e comprimento de 3,0 m.

Gás de arraste: Argônio.

Fluxo do gás de arraste: 30 mL/min.

Temperaturas: Coluna : 70°C;  
Injetor : 70°C;  
Detector : 140°C.

Corrente: 100 mA.

Volume da amostra: 0,3 mL retirados da embalagem com seringa à prova de gás Hamilton de 0,5 mL.

#### **3.2.3.2. Determinação de sólidos totais**

Esta análise foi realizada segundo metodologia descrita na A.O.A.C. (1984).



### **3.2.3.3. Determinação de pH**

Utilizou-se um potenciômetro digital Micronal modelo B 374, calibrado com soluções tampões de pH 4 e 7, segundo metodologia descrita por SCHORMÜLLER (1970).

### **3.2.3.4. Determinação de acidez total titulável**

Esta análise foi realizada de acordo com a metodologia descrita na A.O.A.C. (1984).

### **3.2.3.5. Determinação de sólidos solúveis (%)**

Para a realização desta análise, utilizou-se o método descrito na A.O.A.C. (1984).

As análises de sólidos totais, pH, acidez titulável, sólidos solúveis, bem como, a análise sensorial, foram realizadas no início da armazenagem e mês a mês, até o sexto mês de vida-de-prateleira.

## **3.2.4. Análise sensorial**

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial da Faculdade de Engenharia de Alimentos/UNICAMP, em cabines individuais.

### **3.2.4.1. Preparo e apresentação das amostras**

Para a avaliação sensorial, com cada uma das amostras testadas, preparou-se uma bebida de café, utilizando-se 10% de pó de café (p/p) e 8% de açúcar (p/p), em relação à água. No preparo de cada bebida de café, água filtrada foi aquecida até o ponto próximo à ebulição, adicionando-se em seguida, o café e o açúcar, coando-se em seguida as amostras em filtro de papel.

Foram servidos 30 mL, de cada amostra, em xícaras codificadas com números de três dígitos colocadas em bandejas de aço-inoxidável. As amostras foram servidas em temperaturas próximas a 60°C.

#### **3.2.4.2. Seleção de Provadores**

Vinte provadores foram recrutados do corpo técnico e do corpo discente (pós-graduação) da FEA/UNICAMP, com base em experiência prévia em realizar testes sensoriais, possuir o hábito de tomar café e ter disponibilidade e interesse em participar de testes sensoriais com café. Dos provadores recrutados, selecionou-se aqueles que se mostraram hábeis em discriminar diferenças sensoriais em bebidas preparadas a partir de pós de café, com três diferentes graus de envelhecimento, utilizando-se o teste duo-trio, cujos resultados foram analisados através da Análise Sequencial (GARRUTI, 1976).

Os provadores selecionados, após discussão sob a supervisão do líder, definiram em consenso que a qualidade da bebida café, determinada pelo grau de oxidação do produto, seria avaliada através do atributo "sabor característico". A intensidade do atributo escolhido, seria avaliada sensorialmente, em cada amostra, através de escala não-estruturada de 9 cm, ancorada nos extremos esquerdo e direito, nos termos "pouco característico" (VELHO) e "muito característico" (NOVO), respectivamente.

Utilizando o atributo definido, os provadores foram novamente selecionados em função de suas habilidades em discriminar amostras de café de acordo com o nível de oxidação do produto. Os provadores selecionados nesta etapa participaram dos testes para detectar a existência de diferenças entre as amostras e, após treinamento, dos testes para a avaliação da qualidade do produto. Os provadores não selecionados nesta etapa participaram apenas dos testes para detectar a existência de diferenças entre as amostras.

O modelo das fichas utilizadas para os testes duo-trio e para avaliação da qualidade do produto, durante a estocagem, encontram-se nas Figuras 6 e 7, respectivamente.

## Teste de Café

Nome : \_\_\_\_\_ Data : \_\_\_\_\_

Por favor, prove primeiramente o padrão (P). Depois prove o par de amostras codificadas e faça um círculo ao redor da amostra que é igual ao padrão.

Par

Número das Amostras

1

\_\_\_\_\_

Comentários : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Figura 6 - Modelo da ficha sensorial utilizada no teste duo-trio.

## Teste de Café

Nome : \_\_\_\_\_ Data : \_\_\_\_\_

Por favor, prove as amostras na ordem fornecida e assinale nas escalas correspondentes a intensidade do sabor característico de cada amostra.

Amostra

_____	Pouco Característico (VELHO)	_____	Muito Característico (NOVO)
_____	Pouco Característico (VELHO)	_____	Muito Característico (NOVO)
_____	Pouco Característico (VELHO)	_____	Muito Característico (NOVO)
_____	Pouco Característico (VELHO)	_____	Muito Característico (NOVO)

Comentários : \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Figura 7 - Modelo da ficha sensorial utilizada para avaliação da qualidade do produto.

### **3.2.4.3. Testes sensoriais durante o armazenamento**

Utilizou-se o teste duo-trio para detectar a existência de diferenças significativas entre as amostras. Realizou-se também a avaliação do produto por escala não-estruturada de 9 pontos para que se pudesse fazer uma comparação quantitativa entre as amostras.

### **3.2.5. Análise dos resultados**

A análise dos resultados foi comparativa, entre os quatro lotes de amostra. As análises estatísticas dos dados foram realizadas em microcomputador, utilizando-se o programa SAS (Statistical Analysis System).

Os dados foram analisados utilizando-se análise de variância (ANOVA). A significância estatística da diferença entre as médias foi determinada pelo teste de Tukey, a um nível de 5%. A verificação da existência de diferenças significativas entre as amostras, para o teste duo-trio, foi feita com base na Tabela 2 (MORAES, 1988), a um nível de significância de 5%.

### **3.2.6. Especificação da embalagem**

As embalagens flexíveis utilizadas apresentaram gramatura de  $(117,5 \pm 2,2)$  g/m<sup>2</sup>, segundo análise fornecida pela Companhia União dos Refinadores de Açúcar e Café.

Quanto às taxas de permeabilidade ao oxigênio, ao gás carbônico e ao vapor de água, segundo a Indústria de embalagens Toga, os valores para o filme utilizado, PET/ALUM/PEBD (Polietileno tereftalato/Alumínio/Polietileno de baixa densidade), estão em torno de 0,2 a 0,8 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia, ao fim do processo de sua produção. Após o manuseio na indústria de café, a permeabilidade do filme aumenta para 2,0 a 5,0 cm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>.dia. Estes dados foram obtidos a 23°C e 60% U.R.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

---

Segundo dados fornecidos pela Seção de Climatologia do Instituto Agronômico de Campinas para a região de Campinas, durante o período de estocagem do café torrado e moído (abril/93 a setembro/93), as médias, de mínimo e de máximo, das temperaturas mensais foram 13,8°C e 25,7°C, respectivamente. A média da umidade relativa do ar para o período foi de 70,0%.

### 4.1. Determinação da Composição Gasosa do Espaço-livre das Embalagens

As médias das 6 determinações da composição gasosa do espaço livre das embalagens, realizadas por lote, encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Composição gasosa do espaço-livre das embalagens após 24 horas de armazenamento.

Amostra	% de Oxigênio	% de Gás Carbônico
GOX	0,21 ± 0,03	26,18 ± 2,16
Controle	6,53 ± 0,21	30,00 ± 2,23
Vácuo	3,63 ± 0,01	35,61 ± 1,15
Ageless	3,30 ± 0,32	1,37 ± 0,24

Os resultados mostram que as amostras armazenadas com o sistema enzimático (GOX) apresentaram o menor teor residual de oxigênio, enquanto que as amostras armazenadas congeladas (Controle) apresentaram o maior teor entre todos os lotes. Isto é função das reações de oxidação praticamente não ocorrerem em baixas temperaturas (-18°C), o que nos levou a utilizá-las como um controle. Tanto o vácuo quanto os absorvedores "Ageless" não foram bastante efetivos na remoção do oxigênio.

Quanto ao teor de gás carbônico, observou-se que as amostras acondicionadas a vácuo apresentaram o maior teor deste gás. Isto ocorreu pelo fato das embalagens serem preenchidas e seladas logo após a moagem, fazendo com que uma

maior quantidade deste gás ficasse retida na embalagem. No caso das embalagens a vácuo que foram congeladas, a liberação do gás carbônico em baixas temperaturas ocorreu mais lentamente, explicando assim os menores teores deste gás. Quanto às amostras acondicionadas com o complexo enzimático, verificou-se um teor de gás carbônico inferior ao encontrado nos lotes "Controle" e "Vácuo". Neste caso, as embalagens com café torrado e moído permaneceram, por aproximadamente uma hora, parcialmente abertas, permitindo que parte do gás carbônico saísse da embalagem. Os absorvedores "Ageless", por sua vez, foram bastante eficientes na absorção do gás carbônico. Entretanto, é sabido que a atmosfera de gás carbônico gera uma certa proteção aos grânulos de café torrado e moído contra a ação do oxigênio e, portanto, neste caso, com a não remoção total do oxigênio da embalagem, um maior teor de gás carbônico poderia fornecer uma certa proteção ao produto.

#### 4.2. Análises de Umidade, pH, Acidez e Sólidos Solúveis

As Tabelas 5 a 7, apresentam os resultados referentes às análises de umidade, pH e acidez, para cada lote, nos respectivos meses de armazenamento. Os resultados referem-se à média de três determinações. A existência de diferenças significativas entre os diversos lotes, nos respectivos meses de armazenamento, pode ser verificada nas tabelas, através das letras ao lado das médias.

Tabela 5 - Influência dos sistemas de embalagem sobre a umidade (%) do café torrado e moído durante o armazenamento (em meses).

Tempo de armazenamento	GOX	Controle	Vácuo	Ageless	Valor de p
0	3,0 a	1,6 b	1,6 b	1,7 b	0,0001
1	3,2 a	1,6 b	1,8 c	2,1 d	0,0001
2	3,9 a	2,2 b	2,1 b	2,5 b	0,0001
3	3,5 a	2,1 b	2,1 b	2,4 b	0,0001
4	4,1 a	2,5 bc	2,4 c	2,7 b	0,0001
5	4,6 a	2,6 bc	2,5 c	2,8 b	0,0001
6	4,4 a	2,8 b	2,7 b	2,9 b	0,0001

Médias seguidas de letra(s) iguais não diferem significativamente entre si a  $p \leq 0,05$ .

Tabela 6 - Influência dos sistemas de embalagem sobre o pH do café torrado e moído durante o armazenamento (em meses).

Tempo de armazenamento	GOX	Controle	Vácuo	Ageless	Valor de p
0	5,8 a	5,8 a	5,8 a	5,8 a	0,8674
1	5,7 c	5,8 b	5,8 b	5,8 a	0,0001
2	5,7 c	5,9 a	5,8 b	5,8 b	0,0001
3	5,6 c	5,7 a	5,7 ab	5,7 b	0,0002
4	5,5 c	5,7 a	5,7 b	5,6 b	0,0001
5	5,5 c	5,8 a	5,7 b	5,7 b	0,0001
6	5,5 c	5,8 a	5,7 b	5,7 b	0,0001

Médias seguidas de letra(s) iguais não diferem significativamente entre si a  $p \leq 0,05$ .

Tabela 7 - Influência dos sistemas de embalagem sobre a acidez (mL de NaOH 1N/100 g) do café torrado e moído durante o armazenamento (em meses).

Tempo de armazenamento	GOX	Controle	Vácuo	Ageless	Valor de p
0	9,7 a	9,1 b	9,1 b	9,1 b	0,0001
1	9,7 a	9,0 b	8,9 b	9,1 b	0,0001
2	9,7 a	8,6 c	8,9 b	8,9 b	0,0001
3	9,5 a	8,9 c	9,1 b	9,0 bc	0,0001
4	9,6 a	8,6 c	8,9 b	8,8 b	0,0001
5	9,9 a	8,5 a	9,1 a	9,0 a	0,0771
6	10,8 a	8,9 b	9,6 b	9,6 b	0,0017

Médias seguidas de letra(s) iguais não diferem significativamente entre si a  $p \leq 0,05$ .

A umidade das amostras armazenadas com o sistema enzimático (GOX) foi superior às demais, durante todo o período de armazenamento. Isto pode ser explicado, pelo fato do preparado enzimático adicionado ao "GOX" ser líquido, sendo o volume



adicionado por embalagem de 3,67 mL, o que corresponderia a um aumento de 1,4% de umidade por embalagem.

Nas determinações de pH, as amostras armazenadas com o sistema enzimático (GOX) apresentaram pH ligeiramente inferior às demais, a partir do primeiro mês de estocagem.

Quanto às determinações de acidez, as amostras armazenadas com o sistema enzimático (GOX) apresentaram, durante todo o período de estocagem (exceto no quinto mês de estocagem), valores de acidez superiores às demais. A formação de ácido glucônico, resultante da reação de oxidação da glicose e a solução utilizada para normalizar em 5,11 o pH do preparado enzimático, são os responsáveis por esta acidez adicional.

O teor de sólidos solúveis não apresentou, para nenhum dos lotes, qualquer variação durante o período de estocagem, permanecendo em  $(29,0 \pm 0,7)\%$ .

### **4.3. Análise Sensorial**

Foram selecionados 12 provadores para os testes de diferença, dos quais 8 participaram também dos testes de escala.

Verificou-se que as amostras não diferiram entre si, a um nível de significância de 5%, até o terceiro mês de estocagem, através da realização de testes de diferença com a equipe selecionada e devidamente treinada. De acordo com MORAES (1988), para um total de 12 julgamentos (número de provadores por teste), são necessárias no mínimo 10 respostas corretas para que se tenha uma diferença significativa a um nível de 5%. Até o terceiro mês, isto não ocorreu para nenhum conjunto de amostras.

A Tabela 8 apresenta as médias das notas fornecidas pelos provadores na avaliação do café torrado e moído, quando se utilizou escalas não-estruturadas. A existência de diferenças significativas entre os diversos lotes, nos respectivos meses de armazenamento, pode ser verificada na tabela, através das letras ao lado das médias.

Tabela 8 - Influência dos sistemas de embalagem sobre a característica sensorial do café torrado e moído durante o armazenamento.

Tempo de armazenamento	GOX	Controle	Vácuo	Ageless	Valor de p
0	7,9 a	7,8 a	8,0 a	7,9 a	0,6790
1	7,7 a	7,8 a	7,3 a	7,3 a	0,0877
2	7,5 a	7,6 a	6,9 a	6,7 a	0,2642
3	7,1 a	7,0 a	6,5 a	6,4 a	0,0751
4	6,6 a	6,6 a	5,7 b	5,4 b	0,0010
5	6,7 a	6,8 a	5,4 b	5,0 b	0,0001
6	6,1 a	6,0 a	5,1 b	4,8 b	0,0001

Médias seguidas de letra(s) iguais não diferem significativamente entre si a  $p \leq 0,05$ .

Através de análise de variância confirmou-se que as amostras não diferiram entre si, até o terceiro mês de estocagem. Nos meses seguintes houve uma diferença significativa entre as amostras. A aplicação do teste de Tukey nos permitiu verificar, que as amostras acondicionadas com o sistema enzimático (GOX) e de controle não diferiram entre si, diferindo, porém, dos demais lotes (Vácuo e Ageless), que por sua vez não apresentaram diferenças significativas entre si.

#### 4.4. Influência do Tempo de Armazenamento

As Tabelas 9 a 12, apresentam os resultados referentes às análises de umidade, pH, acidez e característica sensorial, ao longo do tempo de armazenamento, para cada um dos lotes. Os resultados referem-se à média de três determinações. A existência de diferenças significativas ao longo do tempo de armazenamento, pode ser verificada nas tabelas, através das letras ao lado das médias.

Tabela 9 - Influência do tempo de armazenamento sobre a umidade, pH, acidez e característica sensorial do café torrado e moído para o sistema enzimático glicose-oxidase/catalase.

Tempo de armazenamento (meses)	Umidade (%)	pH	Acidez (mL NaOH 1N/100g)	Característica Sensorial
0	3,0 e	5,8 a	9,7 ab	7,9 a
1	3,2 de	5,7 b	9,7 ab	7,7 ab
2	3,9 c	5,7 b	9,7 ab	7,5 ab
3	3,5 d	5,6 c	9,5 b	7,1 bc
4	4,1 bc	5,5 d	9,6 ab	6,6 cd
5	4,6 a	5,5 cd	9,9 ab	6,7 cd
6	4,4 ab	5,5 cd	10,8 a	6,1 d
Valor de p	0,0001	0,0001	0,0471	0,0001

Médias seguidas de letra(s) iguais não diferem significativamente entre si a  $p \leq 0,05$ .

Tabela 10 - Influência do tempo de armazenamento sobre a umidade, pH, acidez e característica sensorial do café torrado e moído para o controle.

Tempo de armazenamento (meses)	Umidade (%)	pH	Acidez (mL NaOH 1N/100g)	Característica Sensorial
0	1,6 d	5,8 b	9,1 a	7,8 a
1	1,6 d	5,8 bc	9,0 a	7,8 a
2	2,2 bc	5,9 a	8,6 bc	7,6 ab
3	2,1 c	5,7 d	8,9 ab	7,0 abc
4	2,5 ab	5,7 d	8,6 bc	6,6 cd
5	2,6 a	5,8 bc	8,5 c	6,8 bcd
6	2,8 a	5,8 c	8,9 ab	6,0 d
Valor de p	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001

Médias seguidas de letra(s) iguais não diferem significativamente entre si a  $p \leq 0,05$ .

Tabela 11 - Influência do tempo de armazenamento sobre a umidade, pH, acidez e característica sensorial do café torrado e moído para o vácuo.

Tempo de armazenamento (meses)	Umidade (%)	pH	Acidez (mL NaOH 1N/100g)	Característica Sensorial
0	1,6 e	5,8 a	9,1 ab	8,0 a
1	1,8 de	5,8 a	8,9 b	7,3 ab
2	2,1 cd	5,8 a	8,9 b	6,9 b
3	2,1 cd	5,7 bc	9,1 ab	6,5 bc
4	2,4 bc	5,7 c	8,9 b	5,7 cd
5	2,5 ab	5,7 b	9,1 ab	5,4 d
6	2,7 a	5,7 b	9,6 a	5,1 d
Valor de p	0,0001	0,0001	0,0223	0,0001

Médias seguidas de letra(s) iguais não diferem significativamente entre si a  $p \leq 0,05$ .

Tabela 12 - Influência do tempo de armazenamento sobre a umidade, pH, acidez e característica sensorial do café torrado e moído para o Ageless.

Tempo de armazenamento (meses)	Umidade (%)	pH	Acidez (mL NaOH 1N/100g)	Característica Sensorial
0	1,7 e	5,8 a	9,1 ab	7,9 a
1	2,1 d	5,8 a	9,1 ab	7,3 ab
2	2,5 bc	5,8 a	8,9 b	6,7 b
3	2,4 c	5,7 cd	9,0 b	6,4 b
4	2,7 ab	5,6 d	8,8 b	5,4 c
5	2,8 a	5,7 b	9,0 b	5,0 c
6	2,9 a	5,7 bc	9,6 a	4,8 c
Valor de p	0,0001	0,0001	0,0029	0,0001

Médias seguidas de letra(s) iguais não diferem significativamente entre si a  $p \leq 0,05$ .

O aumento da umidade, durante o período de estocagem, foi proporcional à umidade inicial, para todos os lotes de produto.

Os resultados das determinações de pH não se alteraram durante o armazenamento, porém as amostras armazenadas com o sistema enzimático (GOX) apresentaram pH ligeiramente inferior às demais.

Quanto às determinações de acidez, verificou-se que os resultados praticamente não se alteraram durante os cinco primeiros meses de armazenamento, ocorrendo um aumento no sexto mês de estocagem.

A perda de qualidade durante o armazenamento, medida na forma da variação percentual entre a nota média inicial e a nota média final dos lotes, foi menor para as amostras com o sistema enzimático (-22,8%), uma perda de qualidade ligeiramente menor que das amostras controle (-23,1%). As amostras acondicionadas a vácuo (-36,3%) e com "Ageless" (-39,2%) tiveram uma perda de qualidade maior.

A tabela a seguir mostra, para os diversos lotes, o coeficiente linear de Pearson ( $r$ ) das correlações entre o tempo de armazenamento e umidade, pH, acidez e característica sensorial, quando significativas ( $p \leq 0,05$ ). As Figuras 8 e 9 apresentam graficamente, para os quatro lotes, a evolução das médias de umidade e característica sensorial ao longo do tempo de armazenamento, e suas respectivas regressões lineares temporais. O coeficiente de Pearson ( $r$ ) das correlações lineares entre pH e o tempo de armazenamento foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) para apenas dois lotes. O coeficiente de Pearson ( $r$ ) das correlações lineares entre acidez e o tempo de armazenamento não foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) para nenhum dos lotes. Consequentemente, as regressões lineares temporais de pH e acidez não são apresentadas.

Tabela 13 - Coeficiente linear de Pearson ( $p \leq 0,05$ ) das correlações lineares entre umidade (%), pH, acidez (mL de NaOH 1N/100 g), característica sensorial e tempo de armazenamento.

Amostra	Umidade (%)	pH	Acidez (mL NaOH 1N/100g)	Característica Sensorial
GOX	0,92	- 0,95	n.s.	- 0,98
Controle	0,96	n.s.	n.s.	- 0,95
Vácuo	0,99	- 0,87	n.s.	- 0,99
Ageless	0,95	n.s.	n.s.	- 0,99

n.s. = não significativo.

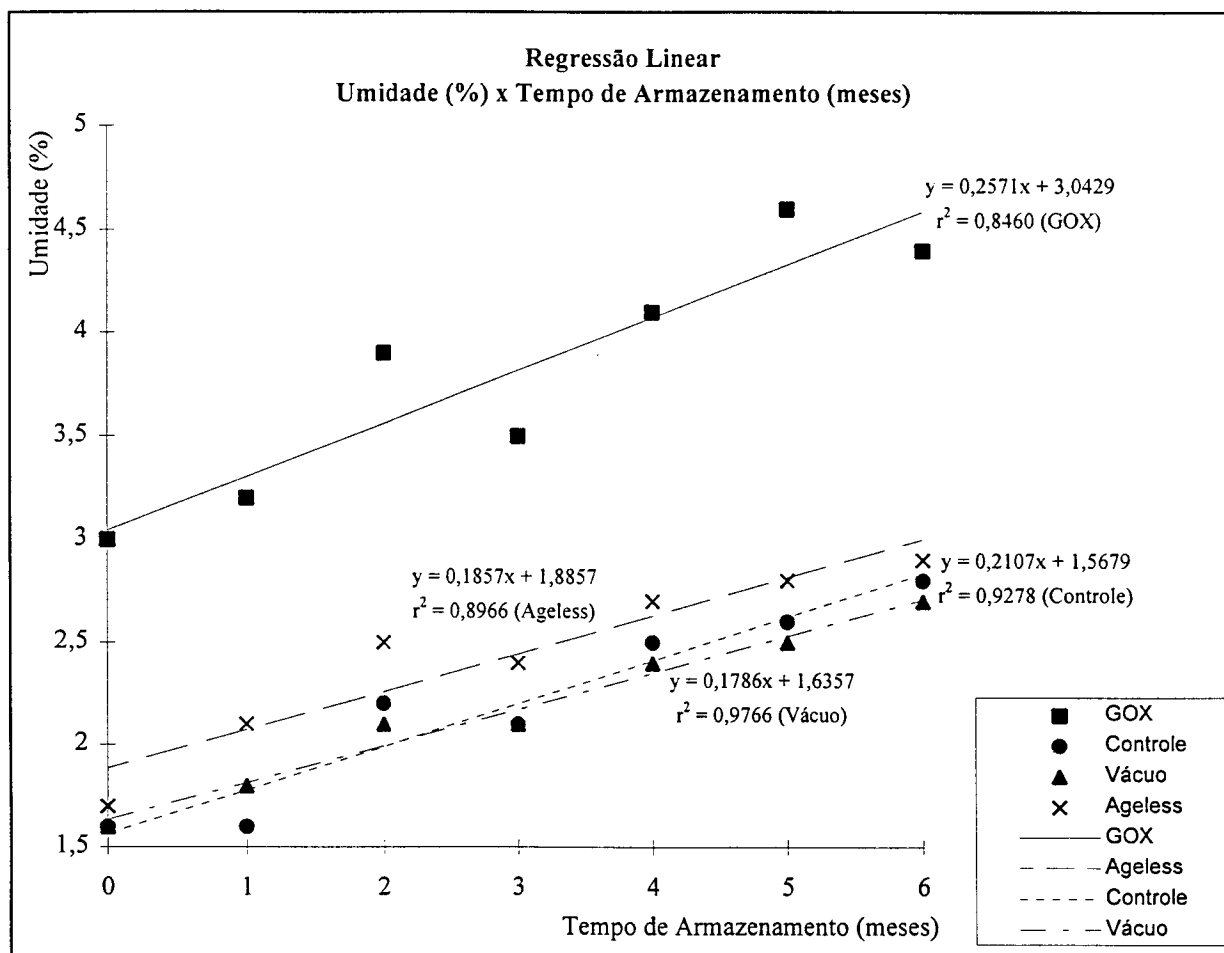


Figura 8 - Evolução da umidade (%) ao longo do período de armazenamento.

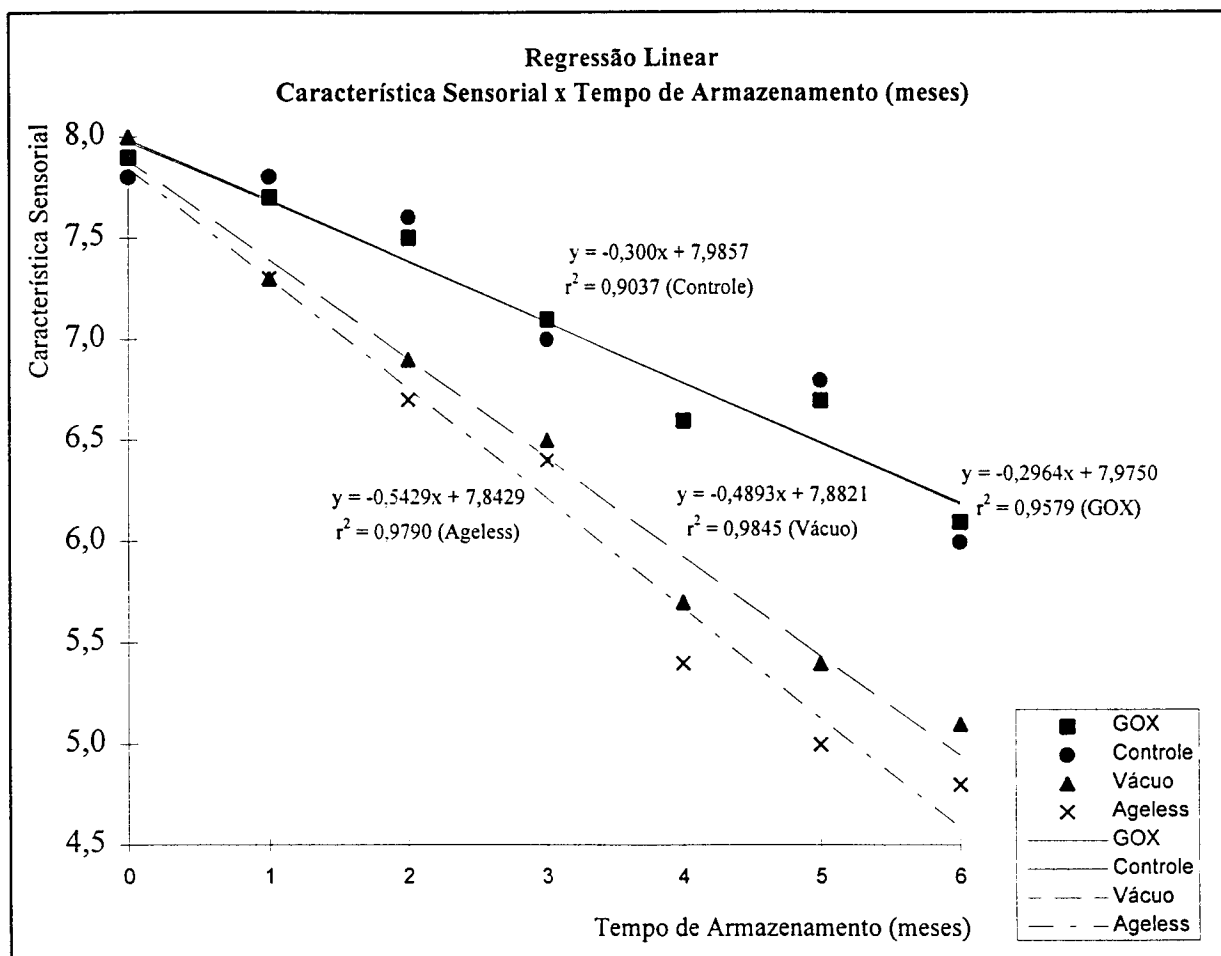


Figura 9 - Evolução da qualidade (medida através da característica sensorial) ao longo do período de armazenamento.

Nas Figuras 8 e 9, são apresentadas para os diversos lotes, as equações das retas que melhor expressam, segundo o método dos mínimos quadrados, a evolução da umidade e da característica sensorial, ao longo do tempo de armazenamento. São apresentados também os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) de cada uma das regressões lineares temporais. Na Figura 8, os coeficientes de determinação indicam a proporção da variação da umidade que pode ser explicada pela variação do tempo. Na Figura 9, de forma equivalente, os coeficientes de determinação indicam a proporção da variação da característica sensorial que pode ser explicada pela variação do tempo.

## 5. CONCLUSÕES

---

O complexo enzimático glicose-oxidase/catalase foi bastante eficiente na remoção do oxigênio das embalagens de café torrado e moído, reduzindo a concentração do oxigênio na embalagem para 0,21%, 24 horas após a selagem, permitindo, com isto, que o produto mantivesse uma qualidade próxima à original.

Os absorvedores "Ageless" e o acondicionamento a vácuo não foram eficazes na remoção de todo o oxigênio das embalagens (3,30% e 3,63% de oxigênio residual, respectivamente). Os absorvedores "Ageless", por sua vez, removeram praticamente todo o gás carbônico das embalagens (1,37% de gás carbônico residual, 24 horas após a selagem das embalagens).

O tratamento com a enzima não influenciou as características do café torrado e moído quanto a pH, acidez total titulável e porcentagem de sólidos solúveis. O teor de umidade, superior aos demais lotes, esteve dentro de níveis aceitáveis. A utilização da enzima não foi detectada pela equipe sensorial.

O tratamento com o complexo enzimático resultou num aumento de vida-de-prateleira, do ponto de vista sensorial, em relação aos demais tratamentos, comercialmente utilizados. O café acondicionado com o complexo enzimático, estocado por 6 meses, foi considerado melhor que o embalado a vácuo ou com "Ageless" com somente 4 meses de estocagem.



## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS\*

---

01. A.O.A.C., **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**; ed. S. Williams. 14.ed. Arlington, 1984. p. 271-5.
02. ATENCIA, E.J.E. **Contribuição ao estudo da liberação do gás carbônico do café torrado e moído**. Campinas, 1985. 173p. Tese (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos/Universidade Estadual de Campinas.
03. BARTON, R.R.; RENNERT, S.S.; UNDERKOFER, L.A. Glucose oxidase in the protection of foods and beverages. **Food Technology** 11(12): 683-6, 1957.
04. BRASIL. Ministério da Indústria e do Comércio. Instituto Brasileiro do Café. **Classificação de café: noções gerais**. Campinas, s.d. 117p.
05. CABRAL, A.C.D. & FERNANDES, M.H.C. Embalagem para café torrado e moído. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos** 19(1): 1-19, 1982.
06. CLARKE, R.J. Packing of roast and instant coffee. In: CLARKE, R.J. ed. **Coffee technology**. 2.ed. London, Elsevier Science, 1989. v.2, p. 201-19.
07. CLARKE, R.J. The physical properties of the volatile compounds of roasted coffee. **Café Cacao Thé** 34(4): 285-94, 1990.
08. CLAUDE, B. Arômes et aliments. **Café Cacao Thé** 21(4): 288-90, 1977.
09. COLÔMBIA. Federación Nacional de Cafeteros de Colômbia. **Empacado del café tostado y molido**. Bogotá, s.d. 23p.

---

\* Em concordância com a ABNT NB-66/78

10. COLÔMBIA. Federación Nacional de Cafeteros de Colômbia. **Tiempo de vida útil del cafe** (Shelf life). Bogotá, s.d. 15p.
11. COLÔMBIA. Federación Nacional de Cafeteros de Colômbia. **Manejo y empacado del cafe tostado**. Bogotá, s.d. 7p.
12. DZIEZAK, J.D. Preservatives: antioxidants - the ultimate answer to oxidation. **Food Technology** 40(9): 94-102, 1986.
13. ÉTUDE bibliographique: pratiques culturelles et qualité du café. **Café Cacao Thé** 27(4): 307-13, 1983.
14. FARIA, J.A.F. **Coffee packaging: stability during storage**. Rutgers University, 1978. 15p.
15. FARIA, J.A.F. **Coffee packaging: product/material/machine interactions**. Rutgers University, 1978. 11p.
16. FARIA, J.A.F. **The efficiency of metalized polyester as a packaging material on the flavor stability of ground roasted coffee**. Rutgers University, 1978. 16p.
17. FAZUOLI, L.C.; COSTA, W.M.; TOLEDO, S.V.; FIGUEIREDO, P.; SOLER, R.M. **Programa integrado de pesquisa sobre o café**. São Paulo, Coordenadoria de Pesquisa Agropecuária, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 1983.
18. FERIA-MORALES, A.M. **Assessment of brazilian coffee quality by near infrared spectroscopy calibrated using sensory evaluation data derived from expert coffee tasters and a trained panel**. London, Technical Unit, International Coffee Organization, 1992. 23p.
19. FIGUEIREDO, I.B. Aroma do café. **Boletim do Centro Tropical de Pesquisas e Tecnologia de Alimentos** (7): 34-7, 1966.

20. FLAMENT, I. De l'assamar au kahweofuranne, un siècle et demi de recherches sur l'arôme de café. In: INTERNATIONAL SCIENTIFIC COLLOQUIUM ON COFFEE, 12. Montreaux, Paris, 1987. **Anais.** Paris. ASIC, 1987. p. 146-56.
21. FLAMENT, I. & CHEVALLIER, C. Analysis of volatile constituents of coffee aroma. **Chemistry and Industry** (18): 592-6, 1988.
22. GARRUTI, R.S. **Metodologia na seleção sequencial e não sequencial de provadores para análise sensorial de alimentos e bebidas.** Campinas, 1976. 211p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos e Agrícola/Universidade Estadual de Campinas.
23. GRAAFF, J. **The economics of coffee.** Wageningen, Pudoc. 1986. 278p.
24. JUDOKUSUMO, K. & RAND, A.G.Jr. Glucose oxidase treatment to preserve fresh shrimp. In: KROGER, M. & SHAPIRO, R. ed. **Changing food technology.** Conference. Lancaster, Technomic, 1985. apud: Food Science and Technology Abstracts 20(10): 10R0063, 1988.
25. KALLIO, H.; LEINO, M.; KOULLIAS, K; KALLIO, S.; KAITARANTA, J. Headspace of roasted ground coffee as an indicator of storage time. **Food Chemistry** 36: 135-48, 1990.
26. KIRSTEIN, D. & KUEHN, W. Glukoseoxydase - eigenschaften und einsatzmoeglichkeiten in der lebensmittelindustrie. **Lebensmittelindustrie** 28(5): 205-8, 1981.
27. KOCZOT, A. & ZALESKI, J. The effect of glucoseoxidase on the quality of strawberry products. **Przemysl-Fermentacyjny-i-Rolny**, 20(10):18-9, 1976. apud: Food Science and Technology Abstracts 9(7): 7J1002, 1977.

28. KRAYER, B. Die Verwendung des aromaschutzventils bei kaffeeverpackungen. **Verpackungs-Rundschau** 34(5): 471-3, 1983.
29. LABUZA, T.P. Oxygen scavenger sachets. **Cereal Foods World** 32(3): 276-7, 1987.
30. LABUZA, T.P. & BREENE, W.M. Applications of "Active Packaging" for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods. **Journal of Food Processing and Preservation** 13: 1-69, 1989.
31. LOW, N.; JIANG, Z.; OORAIKUL, B.; DOKHANI, S.; PALCIC, M.M. Reduction of glucose content in potatoes with glucose oxidase. **Journal of Food Science** 54(1): 118-21, 1989.
32. MADI, L.F.C.; SOLER, R.M.; GAZETA, E.F.; ORTIZ, S.A.; ALVIM, D.D. Determinação da composição dos gases no espaço livre embalagens flexíveis, por cromatografia gasosa. In: MADI, L.F.C.; QUAST, D.G.; SOLER, R.M.; GAZETA, E.F.; ORTIZ, S.A.; ALVIM, D.D. **Manual de projetos de embalagens para alimentos, com base na permeabilidade a gases e ao vapor de água**. Campinas, Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1978. p. 5.1-5.4.
33. MATIELLO, J.B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo, Ed. Globo, 1988. 320p.
34. MISTRY, B. & MIN, D.B. Reduction of dissolved oxygen in model salad dressing by glucose oxidase-catalase dependent on pH and temperature. **Journal of Food Science** 57(1): 196-9, 1992.
35. MITSUBISHI GAS CHEMICAL COMPANY. **Catálogo oxygen absorber Ageless: a new age in food preservation**. Tokyo, 1983. 27p.
36. MORAES, M.A.C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 6.ed. Campinas, Ed. UNICAMP, 1988. 93p.

37. MORETTI, R.H. A cafeicultura e a industrialização do café. **Mundo Agrícola** 1(1): 47-59, 1975.
38. MORI, E.E.M.; FERREIRA, V.L.P.; GUEDES, L.B.R.; ARDITO, E.F.G., YOTSUYANAGI, K.; SOLER, R.M. Vida-de-prateleira do café torrado e moído embalado a vácuo. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos** 22(1): 67-89, 1985.
39. NAKAMURA, H. & HOSHINO, J. Techniques for the preservation of food by employment of an oxygen absorber. In: **Sanitation control for food sterilizing techniques**. Tokyo, Sanyu, 1983. 45p.
40. NERY, J.P. Química do café. **Boletim do Centro Tropical de Pesquisas e Tecnologia de Alimentos** (2): 24-35, 1964.
41. NOVO NORDISK. **Enzimas: campos de aplicação**. Bagsvaerd, Bioindustrial Group Novo Nordisk, 1989. 50p.
42. NOVO NORDISK. **Catálogo Novozym 358**. Bagsvaerd, Bioindustrial Group Novo Nordisk, 1990. 2p.
43. NOVO NORDISK. **Catálogo Redox enzymes: enzymes that reduce or oxidize molecules**. Bagsvaerd, Bioindustrial Group Novo Nordisk, 1990. 4p.
44. NOTES économiques: situation caféière au Brésil. **Café Cacao Thé** 36(3): 230, 1992.
45. NOTES économiques: prévisions de la récolte mondiale de café 1993-1994. **Café Cacao Thé** 37(3): 260-1, 1993.
46. OGAWA, Y. Iron helps keep food fresh. **Nippon Steel News** (3): 4, 1990.

47. OHLMEYER, D.W. Use of glucose oxidase to stabilize beer. **Food Technology** **11**(10): 503-8, 1957.
48. PENET, C.S. New applications of industrial food enzymology: economics and processes. **Food Technology** **45**(1): 98-100, 1991.
49. QUAST, D.G. Tecnologia do café solúvel. **Boletim do Centro Tropical de Pesquisas e Tecnologia de Alimentos** (14): 37-65, 1968.
50. QUAST, D.G.; OKADA, M.; MORI, E.E.M.; LIMA, J.E. Efeito da concentração de oxigênio no espaço livre da embalagem e de temperatura sobre a qualidade do café solúvel. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos** (52): 81-9, 1977.
51. SABBAGH, N.K. & YOKOMIZO, Y. Efeito da torração sobre algumas propriedades químicas de cafés Arábica e Robusta. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos** **7**(1): 147-61, 1976.
52. SACHAROW, S. Freshness enhancers: the control in controlled atmosphere packaging. **Prepared Foods** **157**(5): 121-2, 1988.
53. SCHONBRUN, K.M. New generation scavenger system adds freshness enhancement and extended shelf life. **Tea & Coffee Trade Journal** (9): 42-4, 1988.
54. SCHORMÜLLER, J. **Handbuch der Lebensmittelchemie**. Berlin, Springer - Verlag, 1970. v.6.
55. SCOTT, D. & HAMMER, F. Oxygen-Scavenging packet for in-package deoxygenation. **Food Technology** **15**(2): 99-104, 1961.
56. SIVETZ, M. & FOOTE, H.E. Packaging of roast and soluble coffee. In: SIVETZ, M. & FOOTE, H.E. **Coffee processing technology**. Westport, AVI, 1963. v.1, chap.13, p. 514-83.

57. SIVETZ, M. & DESROSIER, N.W. Packaging roasted ground coffee. In: SIVETZ, M. & DESROSIER, N.W. **Coffee technology**. Westport, AVI, 1979. chap.9, p. 279-314.
58. SIVETZ, M. In search of coffee aroma. **Tea & Coffee Trade Journal** (1): 7-14, 1985.
59. SPAULDING, M. Oxygen absorbers keep food fresher. **Packaging** (1): 8-10, 1988.
60. VITZTHUM, O.G. & WERKHOFF, P. Aroma analysis of coffee, tea and cocoa by headspace techniques. In: Charalambous, G. ed. **Analysis of foods and beverages: headspace techniques**. New York, Academic Press, 1978. p. 115-33.
61. VITZTHUM, O.G.; WEISEMANN, C.; BECKER, R.; KÖHLER, H.S. Identification of an aroma key compound in robusta coffees. **Café Cacao Thé** 34(1): 27-33, 1990.
62. WHITE MARTINS. Gases para embalagens com atmosferas modificadas. **Oleos e Grãos** (1): 47-50, 1991.
63. YASU, F. Café. **Globo Rural Economia** (4): 4-6, 1990.
64. ZYLBERSZTAJN, D.; FARINA, E.M.M.Q.; SANTOS, R.C. **O sistema agroindustrial do café**. Porto Alegre, Ed. Ortiz, 1993. 277p.