

# Determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa por testes acelerados

*The determination of dehydrated apple shelf-life using accelerated assays*

Sílvia Cristina Sobottka Rolim de MOURA<sup>1\*</sup>, Shirley Aparecida BERBARI<sup>1</sup>, Sílvia Pimentel Marconi GERMER<sup>1</sup>,  
Maria Eugenia Marques de ALMEIDA<sup>1</sup>, Djane de Arcanjo FEFIM<sup>2</sup>

## Resumo

Para a previsão da vida-de-prateleira de um alimento é essencial a avaliação da cinética das reações de deterioração além da orientação quanto às condições mais adequadas de conservação dos produtos. Para a estimativa da vida-de-prateleira de maçã-passa, o produto foi acondicionado em filme de PE de 140  $\mu$ , armazenado a temperaturas de 5 °C (controle), 25 °C (ambiente) e 35 °C (acelerada) e avaliado baseado em leituras objetivas de cor L, a e b Hunter, feitas a cada 15 dias, durante 6 meses. Os dados obtidos mostram que a reação de degradação da cor se ajusta ao modelo cinético de ordem Zero. O Modelo de Arrhenius foi aplicado às velocidades de reação (k) nas diferentes temperaturas estabelecendo uma energia de ativação ( $E_a$ ) de 7,6 kcal.mol<sup>-1</sup> e um valor de  $Q_{10} = 2,0$ . A avaliação sensorial foi baseada em leituras subjetivas (Teste de Diferença do Controle) realizadas a cada 15 dias durante 4 meses. Os resultados sugerem que a vida-de-prateleira do produto armazenado a 35 °C é de 100 dias. Sendo o  $Q_{10} = 2,0$ , na temperatura ambiente a vida-de-prateleira do produto deve ser de aproximadamente 200 dias.

**Palavras-chave:** maçã-passa; cinética de degradação; vida-de-prateleira; avaliação sensorial; colorimetria Hunter.

## Abstract

To preview a food shelf-life is essential to evaluate the kinetics of degradation reactions beyond the orientation of the more appropriate conservation conditions of the products. For the dehydrated apple shelf-life estimative, the product was packed in PE film of 140 and stored at 5 °C (control), 25 °C (room) and 35 °C (accelerated) temperatures and then evaluated based on objective color readings of L, a and b Hunter during 6 months at a 15-day interval. Experimental data showed that the color degradation follows the model of a zero order kinetic reaction. The Arrhenius model was applied to reaction rates (k) at each temperature and an activation energy ( $E_a$ ) of 7.6 kcal.mol<sup>-1</sup> and  $Q_{10}$  of = 2.0 was obtained. Shelf-life evaluation was based on subjective (Difference from Control Sensorial Discriminative Test) measurements over 4 months at 15 day intervals. The results suggest that the product stored at 35 °C has 100 days shelf-life time. Since  $Q_{10} = 2.0$ , the product stored at room temperature might be 200 days shelf-life time.

**Keywords:** dehydrated apple; kinetic degradation; shelf-life; sensorial evaluation; Hunter colorimetry.

## 1 Introdução

Nos países em desenvolvimento, as perdas pós-colheita de frutas ultrapassam 20% da produção<sup>1</sup>. No caso do Brasil, este valor chega até a 40% em algumas regiões do Nordeste<sup>9</sup>, o que leva a uma procura constante de métodos alternativos para minimizar essas perdas.

Por outro lado, houve uma grande mudança nos padrões de consumo e a preferência por alimentos minimamente processados têm aumentado em relação aos alimentos que passam por transformações mais drásticas, como os enlatados. Dentre outros fatores, a preferência fundamenta-se nos efeitos benéficos dos frutos e outros vegetais à saúde do homem. Assim, pesquisas têm sido direcionadas na busca de métodos, que comparados aos processos convencionais de conservação de alimentos proporcionem produtos com poucas alterações em suas características sensoriais e nutritivas, procurando gerar processos tecnológicos de baixo custo como, por exemplo, os alimentos de umidade intermediária, cuja conservação se baseia na combinação de fatores antimicrobianos, resultando em produtos muito similares aos alimentos frescos<sup>3,19</sup>.

A maçã (*Malus domestica Borkhausen*) é uma boa fonte de fibras, minerais e vitaminas, sendo que o Brasil apresenta uma produção importante, com exportação expressiva. Os cultivares *Gala* e *Fuji* são os de maior destaque. A produção brasileira de maçã concentra-se na Região Sul do país, com cerca de 100% da produção nacional<sup>26</sup>.

Tal cultivo foi desenvolvido no Brasil em maior escala, há pouco mais de 30 anos, com um padrão tecnológico bastante elevado, e bons resultados de qualidade. A tecnologia produtiva foi, em grande parte, introduzida por tradicionais produtores japoneses e europeus, os quais investiram em sistemas de produção muito adequados ao clima e ao solo brasileiros. Além de sua produtividade, foram obtidos excelentes resultados quanto à qualidade do produto final, o que coloca a maçã brasileira em condições de competir com os melhores produtos do mercado mundial. A colheita concentra-se nos meses de fevereiro, março e abril, daí a necessidade de um sistema de armazenagem a frio para conservação da fruta durante o restante do ano<sup>27</sup>.

Ainda que a produção de maçãs tenha mercado internacional, há excedentes de produção, e o seu aproveitamento, na forma de fruta passa, pode ser uma alternativa, podendo evitar perdas e agregar valores. A produção de maçã-passa, dependendo do processo, exige poucos investimentos em equipamentos, conservando o produto em condição ambiente e permitindo pequenas escalas de produção. Além disso, o processo preserva, em grande parte, as características nutri-

Recebido para publicação em 9/4/2006

Aceito para publicação em 24/1/2007 (001730)

<sup>1</sup> Instituto de Tecnologia de Alimentos – ITAL,  
Cento de Pesquisa e Desenvolvimento de Hortifrutícolas,  
Av. Brasil, 2880, CEP 13070-178, Campinas - SP, Brasil,  
E-mail: smoura@ital.sp.gov.br

<sup>2</sup> Engenharia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos – FEA,  
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas - SP, Brasil

\*A quem a correspondência deve ser enviada

cionais da versão *in natura*, com a vantagem de apresentar maior vida-de-prateleira, facilitando a logística de distribuição. A utilização do processo de desidratação osmótica, como pré-tratamento ao processo de secagem com ar quente, tem sido sugerida por diversos pesquisadores como uma forma de diminuir o tempo de residência do produto no secador, resultando em produto de melhor qualidade sensorial e nutricional<sup>1,11</sup>. A pré-secagem osmótica resulta em produto de umidade intermediária, havendo necessidade, portanto, de processos complementares de conservação como: refrigeração, congelamento ou secagem. Em comparação à secagem convencional, o alimento osmodesidratado e seco resulta em um produto com menor encolhimento, com melhor cor e mais macio, sendo, portanto, mais aceitável, tanto para consumo direto, quanto para a incorporação em sorvetes, iogurtes, queijos, entre outros produtos<sup>22</sup>.

Em geral, a fruta submetida ao tratamento osmótico é cortada em pequenos pedaços (cubos, fatias, palitos), resultando em uma maior área de contato com a solução desidratante, favorecendo a troca de massa. O objetivo do tratamento osmótico é alcançar uma perda de peso em torno de 50%<sup>18</sup>, o que em geral acontece em um período de tempo de 2 a 3 horas. No início, a velocidade de transferência de massa é alta, tendendo a diminuir com o tempo e, por isso, tratamentos mais longos não são justificados<sup>10</sup>.

Os sistemas de desidratação osmótica em escala piloto consistem principalmente em um tanque de armazenamento para a preparação da solução osmótica, uma bomba para o controle da velocidade do fluxo e um tanque de processamento. O produto é colocado no tanque de processamento onde a solução osmótica é bombeada à velocidade constante<sup>23</sup>. Faz-se necessário o reaproveitamento do xarope pelo seu recondicionamento por filtração, concentração e/ou correção da concentração pela adição de solutos.

A vida-de-prateleira de um alimento é definida como o tempo em que o produto, conservado em determinadas condições de temperatura, apresenta alterações que são, até certo ponto, consideradas aceitáveis pelo fabricante, pelo consumidor e pela legislação alimentar vigente<sup>24</sup>.

A previsão da vida-de-prateleira não é uma tarefa fácil e de resultado preciso. Contudo, é sempre útil ter o máximo de informações sobre o alimento a ser conservado, conhecendo-se de preferência o mecanismo e a cinética das principais reações de deterioração. A vida útil de um produto é informação estratégica de uma empresa, que pode gerenciar melhor sua distribuição e informar, de forma mais adequada, as condições de sua conservação aos consumidores.

Muitos produtos têm vida-de-prateleira prolongada, o que dificulta a determinação experimental em tempos compatíveis com as programações comerciais das empresas. Para tais situações, a aplicação de Testes Acelerados de Vida-de-Prateleira (TAVP) apresenta-se como uma alternativa. O TAVP consiste no armazenamento do produto de interesse sob condições ambientais definidas e controladas, de forma a acelerar as taxas de transformação<sup>25</sup>.

As frutas secas apresentam mudanças significativas na cor, sabor e textura durante a estocagem. Frequentemente, as mudanças são de ordem química<sup>13</sup>. Pode haver escurecimento do produto devido à oxidação de pigmentos, sendo que este mecanismo ocorre com mais intensidade nas frutas com teores intermediários de umidade<sup>4</sup>.

Os parâmetros Hunter de cor têm se mostrado válidos na descrição visual da deterioração de cor e úteis no controle de qualidade de frutas e produtos de frutas. O estudo cinético das mudanças de cor em frutas e hortaliças também tem sido aplicado por diversos autores<sup>12,15,16,17</sup>.

O presente trabalho teve como objetivos, avaliar a vida-de-prateleira de maçã-passa produzida por processo de pré-secagem osmótica, empregando-se a Metodologia de Testes Acelerados (TAVP), e a determinação de parâmetros cinéticos de reações importantes de degradação da qualidade, tais como Energia de Ativação e  $Q_{10}$ .

## 2 Material e métodos

### 2.1 Matéria-prima

Foram utilizadas maçãs *Fuji 120*, Cat 3, safra 2004, doadas pela Frutícola Ipê Ltda – AGROPEL, localizada em Fraiburgo - SC.

### 2.2 Produção da maçã-passa

Foram utilizadas frutas com maturação adequada e sadias. As frutas foram lavadas, descascadas e cortadas (em quatro partes) e caracterizadas quanto ao pH, sólidos solúveis, umidade, açúcares totais e cor.

As maçãs, depois de cortadas, foram imersas em solução de ácido cítrico (4%) com ácido ascórbico (1%). A pré-secagem osmótica foi feita em xarope de 60 °Brix, na razão mássica de 3:1 (xarope:fruta), à temperatura de 45 °C por 16 horas. Após este período, os pedaços de frutas pré-secas foram enxaguados com água corrente e distribuídos em bandejas teladas de aço inoxidável, em camada única, para secagem em secador de bandejas. A secagem foi feita à temperatura de 70 °C, com velocidade de 1,5 m.s<sup>-1</sup> de ar, por 6 horas. Depois da secagem, o produto foi caracterizado quanto à atividade de água, umidade e cor, sendo, então, acondicionado em sacos plásticos de polietileno e armazenado por 15 dias para equilíbrio da umidade. Depois deste período, o produto foi acondicionado em embalagens de polietileno de 140 µ, com aproximadamente 200 g de capacidade.

As embalagens foram acondicionadas em caixas de papelão e armazenadas em câmaras com temperatura controlada: 5 °C (UR ≈ 90%) - controle; 25 °C (UR ≈ 70%) – ambiente; e 35 °C (UR ≈ 40%) - acelerado (TAVP).

A vida-de-prateleira da maçã-passa foi acompanhada por análises físico-químicas (umidade, atividade de água, cor e textura) e sensoriais. Foi realizado inicialmente um teste de aceitação sensorial a fim de avaliar as amostras e compor a equipe para acompanhamento da vida-de-prateleira.

## 2.3 Métodos de análise

### pH

As amostras foram homogeneizadas em liquidificador, com água destilada na proporção 1/1 p/p e feita a leitura em potenciômetro.

### Sólidos solúveis

Leitura em refratômetro. As amostras foram homogeneizadas em liquidificador, com água na proporção 1/1 e gotas da mistura foram colocadas sobre o prisma do refratômetro.

### Umidade

Determinada em estufa a 70 °C sob vácuo, durante aproximadamente 6 horas. Após este tempo procedeu-se à pesagem. A operação foi repetida até a obtenção de peso constante.

### Açúcares totais

Segundo método de Munson e Walker, procedimento nº 925.36 da AOAC 2005<sup>7</sup>.

### Atividade de água

Determinada diretamente em higrômetro marca Decagon (Origem USA), modelo CX-2, à temperatura de 25 °C. O resultado foi a média de 3 leituras em porções diferentes da amostra. Para as determinações, o produto foi homogeneizado e porções foram colocadas em cápsulas de medida. Foi feita uma leitura de cada cápsula.

### Textura

Foram feitas em texturômetro TA-XT2i -Stable Micro Systems- (Origem Inglaterra) utilizando lâmina de corte "blade set with knife" com velocidade de teste de 1 mm.s<sup>-1</sup>. Os resultados foram apresentados na forma força (kg) para rompimento da amostra.

### Cor objetiva

Determinada diretamente no colorímetro Minolta Chroma Meter CR-300, sistema Hunter Lab (Origem USA), previamente calibrado. O sistema Lab Hunter é um sistema de coordenadas retangulares que define a cor em termos de luminosidade (L), vermelho versus verde (a) e amarelo versus azul (b). Foi calculada a diferença total de cor ( $\Delta E$ ) de acordo com a Equação 1:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2} \quad (1)$$

Sendo  $\Delta$  a diferença entre cada parâmetro de cor da amostra inicial (tempo zero) e amostra armazenada.

As análises foram realizadas a cada 15 dias e em triplicata, para as temperaturas de 5 °C (controle), 25 e 35 °C (TAVP). Os dados obtidos da alteração total da cor das amostras foram analisados quanto à ordem da reação de degradação e

calculadas, respectivamente, as velocidades de reação (k) nas diferentes temperaturas.

Para a determinação da ordem de reação e sua constante de velocidade, foram plotados os valores dos parâmetros de cor versus tempo de armazenamento para cada temperatura, e realizada a regressão linear destes valores. A inclinação obtida na regressão linear, de cada temperatura, corresponde aos valores de k (velocidade de reação).

A energia de ativação ( $E_a$ ) e o ( $Q_{10}$ ), definido pela Equação 2, foram obtidos após o final da vida-de-prateleira<sup>21</sup>.

$$Q_{10} = \frac{k(t)}{k(t-10)} = \frac{VP(t-10)}{VP(t)} \quad (2)$$

Sendo t a temperatura em graus Celsius e VP, a vida-de-prateleira

Para o cálculo de  $Q_{10}$ , foi utilizada a Equação 3 em que T é a temperatura em Kelvin.

$$Q_{10} = 10^{\frac{E_a}{0,46 \times T^2}} \quad (3)$$

Todas as análises foram realizadas em triplicata.

### Análises sensoriais

Foi feito um teste de aceitação com o produto recém-processado, tendo sido utilizada uma escala hedônica de 7 pontos, variando de gostei muito a desgostei muito, e uma equipe de 30 provadores.

Para a avaliação da vida-de-prateleira das frutas secas, foram feitas análises sensoriais de textura, cor e sabor. O objetivo foi verificar as alterações: perda de textura, mudança de cor e aparecimento de sabor estranho. Para tanto, foi utilizada uma equipe de 10 provadores previamente treinados. As amostras foram apresentadas em pratos plásticos, marcados com uma combinação de 3 números aleatórios, sendo que eram codificados de forma a corresponder a uma determinada temperatura de armazenamento (5, 25, 35 °C). Nesses pratos foram colocados dois pedaços de cada amostra de forma inteiramente casualizada. Foram utilizadas escalas não estruturadas de 10 cm. As análises foram feitas com a periodicidade aproximada de 15 dias. Os resultados foram avaliados estatisticamente por análise de variância com teste de diferença das médias quando significativo (Teste F e Teste de Tukey)<sup>5</sup>, empregando o aplicativo SAS.

## 3 Resultados e Discussão

### 3.1 Caracterização inicial do produto

Os resultados médios da caracterização físico-química da maçã *in natura*, maçã pré-seca (após desidratação osmótica e antes da secagem em secador) e da maçã-passa (após secagem no secador) encontram-se na Tabela 1.

Os resultados das análises de pH, sólidos solúveis, sólidos totais e açúcares da maçã *Fuji* aproximaram-se dos determinados por GOULARTE et al.<sup>6</sup>. Já para a maçã-passa, os resultados

**Tabela 1.** Caracterização físico-química de Maçã *in natura*, pré-seca e maçã-passa.

Análise	Maçã <i>in natura</i>	Maçã pré-seca	Maçã-passa
pH	4,01 ± 0,015	4,00 ± 0,04	-
Sól. Solúveis (°Brix)	13,93 ± 0,057	33,0	-
Atividade de água	-	-	0,655 ± 0,001
Umidade (%)	84,20 ± 0,16	-	13,68 ± 0,62
Cor	L 44,89 ± 5,55 a 25,63 ± 3,24 b 24,48 ± 1,97	-	L 80,44 ± 3,37 a 1,50 ± 1,40 b 24,94 ± 3,22
Açúcares totais (g.100 g <sup>-1</sup> )	11,67	24,87	-

não concordam com a referência. Por outro lado, SALAS<sup>20</sup> obteve resultados semelhantes para maçã-passa.

Valores de cor objetiva (L, a e b) não foram encontrados na literatura para maçã *in natura*, pré-seca ou passa.

### 3.2 Acompanhamento da vida-de-prateleira – Análises físico-químicas

#### Umidade

Os resultados de determinação da umidade da maçã-passa são apresentados na Tabela 2 e indicam que a umidade permaneceu praticamente constante nas temperaturas de 5 e 25 °C. Já na temperatura de 35 °C, a redução da umidade, durante os 177 dias de acompanhamento, foi da ordem de 20%.

**Tabela 2.** Umidade (média ± desvio) da maçã-passa, nas temperaturas de 5, 25 e 35 °C.

Tempo (dias)	5 °C	25 °C	35 °C
0	13,68 ± 0,62	13,68 ± 0,62	13,68 ± 0,62
28	13,76 ± 0,60	14,36 ± 0,06	13,02 ± 0,45
42	13,73 ± 0,11	12,8 ± 0,53	12,07 ± 0,63
63	12,13 ± 0,61	13,23 ± 0,15	10,94 ± 0,05
78	10,58 ± 0,21	10,15 ± 0,04	9,13 ± 0,88
96	14,61 ± 0,21	15,55 ± 0,24	12,46 ± 0,10
110	15,52 ± 0,18	15,87 ± 0,46	14,03 ± 0,38
124	16,37 ± 0,59	15,64 ± 0,27	11,53 ± 0,06
139	15,12 ± 0,14	14,93 ± 0,50	11,82 ± 0,12
152	15,57 ± 0,04	13,79 ± 0,06	10,27 ± 0,85
177	14,18 ± 0,01	14,47 ± 0,10	10,37 ± 0,09

#### Atividade de água

Os resultados de determinação da atividade de água da maçã-passa são apresentados na Tabela 3 e indicam que, assim como a umidade, a atividade de água permaneceu praticamente constante para as temperaturas de 5 °C e 25 °C. Da mesma forma, na temperatura de 35 °C ocorreu um declínio da atividade de água da ordem de 20%, durante os 179 dias de acompanhamento.

Tendo em vista as pequenas variações de umidade e atividade de água observadas na temperatura de 5 e 25 °C, pode-se dizer que a embalagem utilizada apresentou barreira adequada ao vapor d'água. A embalagem de filme PE, portanto, para a

**Tabela 3.** Atividade de água (média ± desvio) da maçã-passa, nas temperaturas de 5, 25 e 35 °C.

Tempo (dias)	5 °C	25 °C	35 °C
0	0,655 ± 0,005	0,655 ± 0,005	0,655 ± 0,005
32	0,678 ± 0,015	0,668 ± 0,007	0,651 ± 0,011
41	0,660 ± 0,005	0,665 ± 0,005	0,644 ± 0,005
62	0,609 ± 0,007	0,629 ± 0,006	0,576 ± 0,010
74	0,593 ± 0,019	0,641 ± 0,012	0,587 ± 0,030
95	0,657 ± 0,007	0,663 ± 0,005	0,612 ± 0,005
109	0,643 ± 0,007	0,653 ± 0,004	0,605 ± 0,005
123	0,645 ± 0,006	0,655 ± 0,007	0,596 ± 0,006
137	0,651 ± 0,007	0,657 ± 0,005	0,579 ± 0,006
151	0,658 ± 0,006	0,658 ± 0,004	0,552 ± 0,009
165	0,678 ± 0,005	0,675 ± 0,004	0,580 ± 0,010
179	0,683 ± 0,007	0,667 ± 0,007	0,548 ± 0,009

aplicação em questão, é uma alternativa viável na temperatura de comercialização.

#### Textura

A Tabela 4 apresenta os resultados de textura das amostras armazenadas nas diferentes temperaturas. A textura da maçã-passa permaneceu praticamente constante, com um leve aumento da rigidez em função do tempo, na temperatura de 35 °C.

**Tabela 4.** Textura (média ± desvio) da maçã-passa em termos de força (kg) em função do tempo.

Tempo (dias)	5 °C	25 °C	35 °C
0	7,06 ± 1,82	7,06 ± 1,82	7,06 ± 1,82
28	5,91 ± 1,62	5,29 ± 1,05	5,17 ± 0,48
42	5,01 ± 1,11	5,58 ± 0,82	6,91 ± 1,57
64	6,22 ± 0,74	5,81 ± 1,81	5,07 ± 2,01
75	8,13 ± 1,62	7,08 ± 1,19	8,32 ± 1,99
96	6,24 ± 1,75	5,82 ± 1,89	7,20 ± 1,40
110	6,28 ± 1,86	6,21 ± 1,68	5,77 ± 1,11
124	6,69 ± 2,69	7,18 ± 1,55	9,49 ± 2,37

As pequenas variações de textura observadas na temperatura de 5 e 25 °C, qualificam a embalagem de filme PE para a aplicação em questão.

#### Cor objetiva da maçã-passa

Os resultados de determinação da cor (L, a, b e ΔE) da maçã-passa são apresentados na Tabela 5 e indicam que o produto apresentou escurecimento, ou seja, diminuição de L, tanto maior quanto maior a temperatura. Já os parâmetros a e b permaneceram praticamente os mesmos com o aumento da temperatura, ao longo do tempo. A diferença total de cor aumentou com o tempo e com a temperatura, principalmente na temperatura de 35 °C.

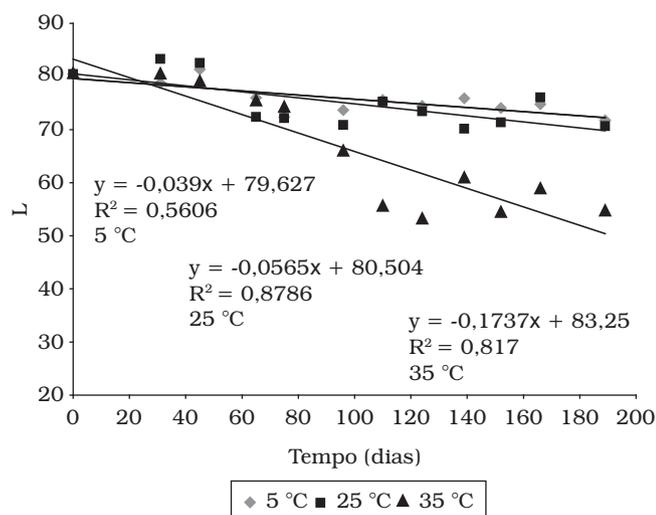
Com base nos resultados obtidos, foi determinada a ordem da reação do parâmetro L (Figura 1). A reação se ajusta ao modelo cinético de ordem zero. Este tipo de comportamento cinético é freqüente em alimentos<sup>21</sup>, principalmente quando há limitações de difusão de certos participantes da reação, sendo

que a reação de escurecimento enzimático de desidratados é um exemplo.

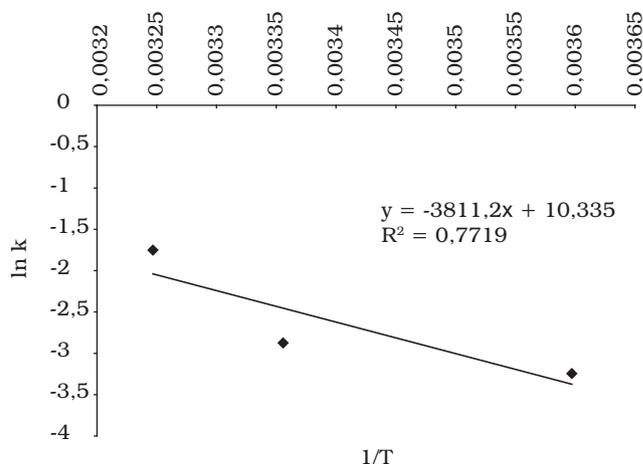
Os valores da energia de ativação ( $E_a = 7,6 \text{ kcal.mol}^{-1}$ ) foram calculados a partir da Figura 2 (Gráfico de Arrhenius), sendo  $R = 1,987 \text{ cal.gmol}^{-1} \cdot \text{K}$ . Os resultados são muito semelhantes aos obtidos por MOURA et al.<sup>17</sup> para alteração de cor em polpa de morango sem açúcar. LUND<sup>13</sup> apresenta que, para alterações de cor, textura e sabor de produtos alimentícios, o valor da  $E_a$  deve estar na faixa de  $10\text{-}30 \text{ kcal.mol}^{-1}$ .

**Tabela 5.** Cor objetiva da maçã-passa.

Tempo (dias)	5 °C			25 °C			35 °C		
	L	L	L	a	a	a	a	a	a
0	80,43	80,43	80,43	1,53	1,53	1,53			
31	78,76	83,30	80,36	-0,11	1,87	-0,14			
45	81,36	82,52	78,95	3,11	1,16	0,45			
65	75,95	72,4	75,29	3,44	4,55	5,81			
75	72,37	72,17	74,09	-1,49	-0,71	0,98			
96	73,66	70,88	65,87	-1,25	0,35	2,7			
110	75,55	75,25	55,45	-0,41	-0,64	3,54			
124	74,45	73,45	53,04	-3,56	-0,82	2,54			
139	75,89	70,17	60,78	-3,88	-2,95	-0,11			
152	74,04	71,36	54,31	-1,76	-0,12	2,68			
166	74,77	76,08	58,74	-1,50	0,68	4,18			
189	71,73	70,64	54,58	-2,28	-0,50	2,31			
Tempo	b	b	b	$\Delta E$	$\Delta E$	$\Delta E$			
0	24,94	24,94	24,94	-	-	-			
31	30,79	28,49	27,61	6,30	4,57	3,15			
45	31,34	31,42	30,49	6,65	6,81	5,84			
65	29,79	34,12	31,78	6,86	12,57	9,57			
75	28,34	22,29	30,40	9,25	8,96	8,38			
96	27,88	26,13	25,59	7,89	9,69	14,62			
110	31,67	24,59	25,69	8,53	5,62	25,07			
124	29,96	26,24	30,47	9,32	7,47	27,95			
139	28,75	27,96	32,47	8,02	11,59	21,11			
152	31,61	25,31	30,50	9,80	9,22	26,73			
166	27,75	28,51	31,58	7,01	5,69	22,83			
189	23,62	30,91	31,06	9,58	11,64	26,58			



**Figura 1.** Modelo cinético da alteração de cor (L) da maçã-passa.



**Figura 2.** Gráfico de Arrhenius para o parâmetro L.

O valor de  $Q_{10}$ , calculado pela Equação 3, foi de aproximadamente 2,0.

Conforme definição de  $Q_{10}$  (Equação 2), a cada  $10 \text{ °C}$  de aumento na temperatura de armazenagem da maçã-passa, o tempo de vida-de-prateleira é dividido por 2,0.

Em Labuza<sup>8</sup>, são apresentados resultados do decréscimo da vida-de-prateleira de maçã seca (chip) com a temperatura. Os resultados são baseados no aparecimento da cor marrom no valor máximo aceitável. Segundo o estudo, para a temperatura de  $25 \text{ °C}$ , o término da vida-de-prateleira foi de aproximadamente 200 dias, e para  $35 \text{ °C}$ , o término da vida-de-prateleira foi de aproximadamente 80 dias. Portanto, valor de  $Q_{10}$  encontrado no referido estudo foi de 2,5.

### 3.3. Avaliação da vida de prateleira – Avaliações sensoriais

A Tabela 6 apresenta os resultados do teste de aceitação da maçã-passa na temperatura de  $25 \text{ °C}$ , o qual foi realizado com trinta provadores. As notas variavam de 1 (desgostei muito) a 7 (gostei muito).

Para compor a equipe de acompanhamento da vida-de-prateleira, foram selecionados provadores que haviam avaliado o produto com as notas gostei muito (7) e gostei (6) o que correspondeu a 14 pessoas.

**Tabela 6.** Resultados do teste de aceitação da maçã-passa.

Notas	%	Avaliação
7	30,30	Gostei muito
6	48,48	Gostei
5	9,09	Gostei pouco
4	6,06	Não gostei nem desgostei
3	3,03	Desgostei pouco
2	3,03	Desgostei
1	0,0	Desgostei muito

A Tabela 7 apresenta os resultados da avaliação sensorial de maçã-passa armazenadas a  $5, 25$  e  $35 \text{ °C}$  por 128 dias.

**Tabela 7.** Resultados da avaliação sensorial da maçã-passa.

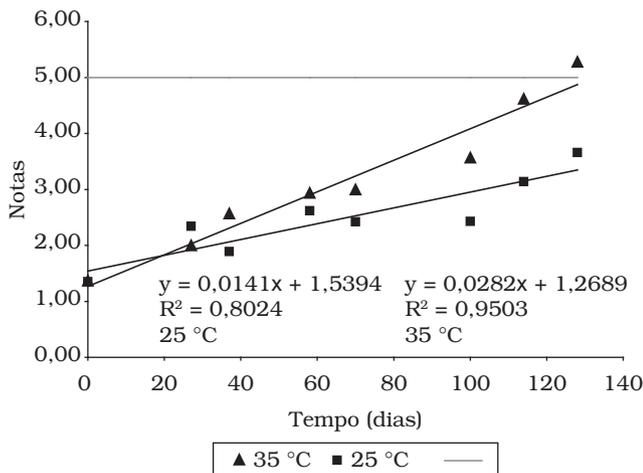
Sabor	Datas da Avaliação (dias)							
	0	27	37	58	70	100	114	128
5 °C	1,35 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>	1,57 <sup>a</sup>	2,49 <sup>a</sup>	1,72 <sup>a</sup>	1,21 <sup>b</sup>	1,65 <sup>b</sup>	1,77 <sup>b</sup>
25 °C	1,35 <sup>a</sup>	2,34 <sup>a</sup>	1,89 <sup>a</sup>	2,62 <sup>a</sup>	2,42 <sup>a</sup>	2,43 <sup>ba</sup>	3,14 <sup>ba</sup>	3,66 <sup>a</sup>
35 °C	1,35 <sup>a</sup>	1,98 <sup>a</sup>	2,55 <sup>a</sup>	2,92 <sup>a</sup>	2,98 <sup>a</sup>	3,55 <sup>a</sup>	4,60 <sup>a</sup>	5,26 <sup>a</sup>
<b>Textura</b>								
5 °C	2,29 <sup>a</sup>	1,97 <sup>a</sup>	2,41 <sup>a</sup>	3,20 <sup>a</sup>	2,19 <sup>b</sup>	1,73 <sup>b</sup>	3,30 <sup>b</sup>	3,63 <sup>b</sup>
25 °C	2,29 <sup>a</sup>	2,47 <sup>a</sup>	2,21 <sup>a</sup>	3,13 <sup>a</sup>	3,77 <sup>a</sup>	2,92 <sup>b</sup>	3,84 <sup>ba</sup>	3,89 <sup>b</sup>
35 °C	2,29 <sup>a</sup>	2,59 <sup>a</sup>	3,12 <sup>a</sup>	3,38 <sup>a</sup>	3,77 <sup>a</sup>	4,25 <sup>a</sup>	5,60 <sup>a</sup>	6,20 <sup>a</sup>
<b>Cor</b>								
5 °C	1,43 <sup>a</sup>	2,32 <sup>a</sup>	2,19 <sup>b</sup>	2,69 <sup>a</sup>	2,15 <sup>b</sup>	2,16 <sup>b</sup>	1,38 <sup>c</sup>	1,89 <sup>c</sup>
25 °C	1,43 <sup>a</sup>	1,83 <sup>a</sup>	2,73 <sup>b</sup>	3,44 <sup>a</sup>	3,87 <sup>b</sup>	3,52 <sup>b</sup>	3,70 <sup>b</sup>	4,55 <sup>b</sup>
35 °C	1,43 <sup>a</sup>	3,76 <sup>a</sup>	4,76 <sup>a</sup>	4,78 <sup>a</sup>	5,85 <sup>a</sup>	6,92 <sup>a</sup>	7,22 <sup>a</sup>	7,33 <sup>a</sup>

Medidas seguidas da mesma letra nas colunas (comparação entre amostras) não diferem significativamente entre si ao nível de erro de 5%.

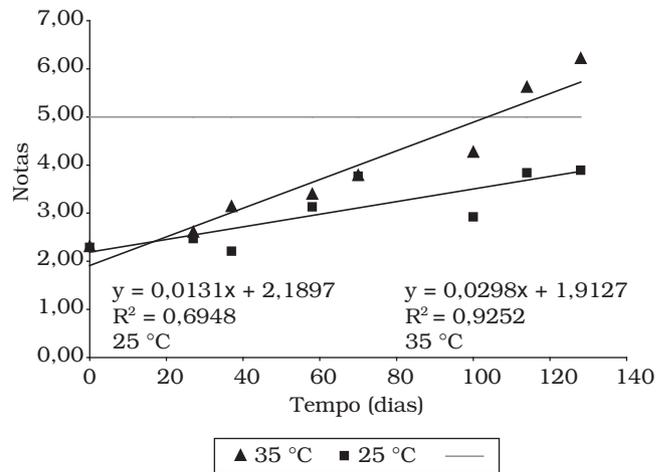
Os resultados apresentados pela Tabela 7 mostram que, do ponto de vista sensorial, a cor das amostras foi significativamente afetada pela temperatura de armazenamento, a partir da data de avaliação 58 dias. Já o sabor e a textura passam a ser afetadas nas datas de 100 e 70 dias de avaliação, respectivamente.

Para melhor avaliação dos resultados, foram realizados ajustes lineares dos resultados sensoriais (Figuras 3 a 5) e da nota sensorial de corte (Nota 5)<sup>5</sup>.

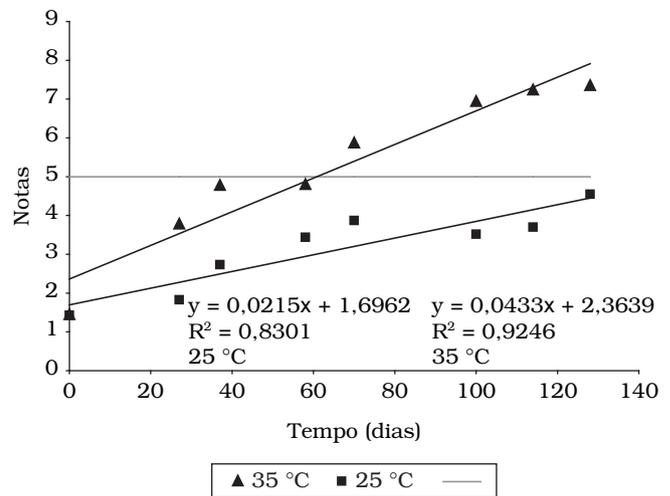
Utilizando os ajustes lineares, para o atributo sabor (Figura 3), a partir de 132 dias de armazenamento, as médias obtidas pelas amostras armazenadas a 35 °C indicam o aparecimento de sabor estranho. Para o atributo textura (Figura 4), a partir de 104 dias de armazenamento, as médias obtidas pelas amostras armazenadas a 35 °C indicam o enrijecimento significativo (notas maiores que 5), quando comparadas com as amostras armazenadas a 5 e a 25 °C. As médias de cor (Figura 5) obtidas durante o período de armazenamento indicam que o escurecimento foi diretamente proporcional à temperatura utilizada, ou seja, as amostras armazenadas à 35 °C apresentaram coloração significativamente mais escura que as amostras armazenadas a 5 e 25 °C, a partir dos 61 dias de armazenamento.



**Figura 3.** Avaliação sensorial da maçã-passa em termos de sabor.



**Figura 4.** Avaliação sensorial da maçã-passa em termos de textura.

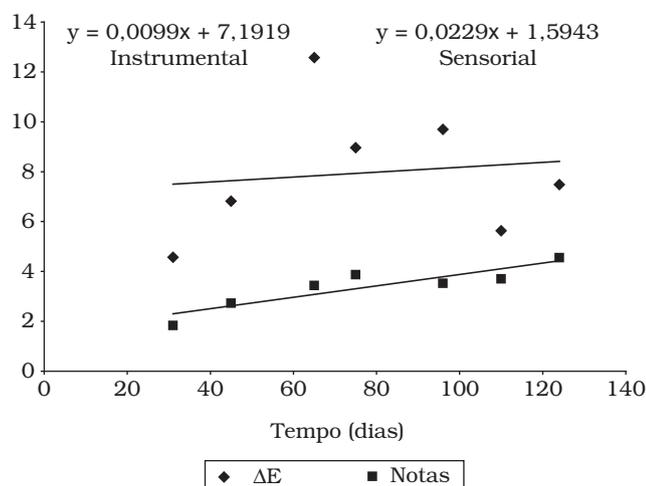


**Figura 5.** Avaliação sensorial da maçã-passa em termos de cor.

Com base nas equações lineares obtidas para os resultados sensoriais, na temperatura de 35 °C, o tempo de vida-de-prateleira médio para o produto, levando-se em conta os três parâmetros sensoriais (sabor, textura e cor), foi em média de 100 dias. Na temperatura de comercialização (25 °C), o tempo de vida-de-prateleira estimado pelas equações de ajuste linear, ou seja, o tempo para que a amostra atingisse a nota 5, foi de aproximadamente 200 dias, o que confirma a estimativa baseada nos resultados físicos de cor, em que foi encontrado um  $Q_{10} = 2,0$ .

A Figura 6 mostra a comparação entre a avaliação sensorial de cor e a alteração total de cor ( $\Delta E$ ) instrumental, para a maçã-passa.

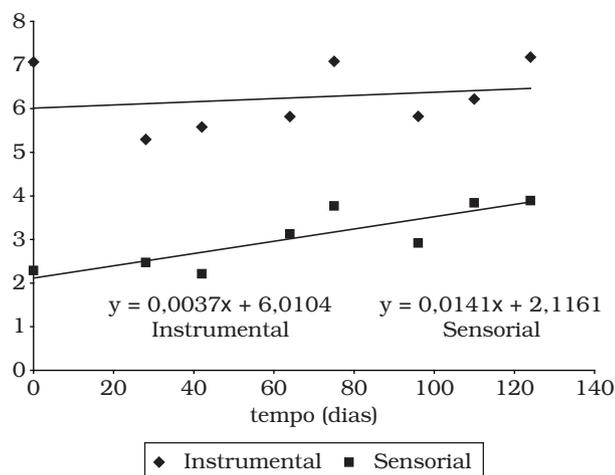
Para a temperatura de 25 °C, a avaliação instrumental de cor seguiu praticamente a mesma inclinação da avaliação sensorial, portanto tem velocidades de reação semelhantes, o que indica a possibilidade de utilização de parâmetros objetivos em substituição a parâmetros subjetivos (sensoriais) no acom-



**Figura 6.** Comparação entre avaliação sensorial (Notas) e instrumental ( $\Delta E$ ) para maçã-passa armazenada a 25 °C.

panhamento da vida-de-prateleira do produto, na temperatura de comercialização.

A Figura 7 mostra a comparação entre a avaliação sensorial e a avaliação instrumental de textura, para a maçã-passa.



**Figura 7.** Comparação entre avaliação sensorial e instrumental de textura, para maçã-passa armazenada a 25 °C.

Para a temperatura de 25 °C, a avaliação instrumental de textura teve velocidade menor que a avaliação sensorial, mostrando que a percepção humana de alteração de textura foi maior que a percepção instrumental. No entanto, os resultados são semelhantes, o que confirma a possibilidade de utilização de parâmetros objetivos em substituição aos parâmetros subjetivos (sensoriais) no acompanhamento da vida-de-prateleira do produto.

#### 4 Conclusões

O emprego de testes acelerados para a determinação da vida-de-prateleira de maçã-passa demonstrou ser factível.

No monitoramento da vida-de-prateleira de maçã-passa, o parâmetro L de cor apresentou a variação mais expressiva, seguindo esta variação, uma reação de ordem zero. Os parâmetros cinéticos determinados desta reação foram:  $Q_{10}$  igual a 2,0 e  $E_a$  de 7,6 kcal.mol<sup>-1</sup>.

O acompanhamento das alterações físicas de cor e textura, pode ser feito em substituição ao acompanhamento sensorial, na predição da vida-de-prateleira da maçã-passa.

A vida-de-prateleira da maçã-passa, armazenada em filme de polietileno de 140  $\mu$ , na temperatura de 25 °C, foi de aproximadamente 200 dias.

#### Agradecimento

Os autores agradecem à Frutícola Ipê Ltda – AGROPEL –, pela doação da matéria-prima (maçãs).

#### Referências bibliográficas

- AGUILERA, J. M.; PARADA, E. Cytod – DAHI: An Ibero-American project on moisture foods and combined methods technology. **Food Research International**, v. 25, n. 2, p. 159-165, 1992.
- AGUIRRE, J. M. de; GASPARINO FILHO, J. **Desidratação de frutas e hortaliças: manual técnico**. Campinas: ITAL/FRUTHOTEC, 1997/2002.
- ALZAMORA, S.; GERSCHENSON, L.; VIDALES, S.; NIETO, S. Structural changes in the minimal processing of fruits: some effects of blanching and sugar impregnation. In: **Meeting between CYTED and UNILEVER Representatives**. 1997.
- CANTO, W. L.; SILVEIRA, E. T. F.; LEITE, R. S. S. F.; MAIA, L. M.; GASPARINO FILHO, J.; YATSUYANAGI, K. **Processamento e mercado de frutas secas**, 1ª edição, n. 23, Campinas: ITAL, 1987.
- FARIA, E. V. de; YOTSUYANAGI, K. **Técnicas de Análise Sensorial**. 1ª edição, Campinas: ITAL, 2002.
- GOULARTE, V. D. S.; ANTUNES, E. C.; ANTUNES, P. L. Qualidade de maçã Fuji osmoticamente concentrada e desidratada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 160-163, 2000.
- HORWITZ, W. (ed.) Método Munson & Walker. **Official Methods of Analysis of AOAC International**. 17ª edição. Gaithersburg, Maryland, 2005.
- LABUZA, T. P. **Shelf-life dating of foods**. 1ª edição, USA: Food & Nutrition Press, 1982.
- LACERDA, M. A. D.; LACERDA, R. D.; ASSIS, P. C. O. A participação da fruticultura no agronegócio brasileiro. **Revista de Biotecnologia e Ciências da Terra**, v. 4, n. 1. Disponível em: <<http://www.ihendrix.br/biologia/revista/fruticultura.pdf>>. Acesso em: 16 jan. 2004.
- LAZARIDES, H. N.; GEKAS, V.; MAVROUDIS, N. Apparent mass diffusivities in fruit and vegetable tissues undergoing osmotic processing. **Journal of Food Engineering**, v. 31, n. 3, p. 315-324, 1997.
- LENART, A. Osmo-convective drying of fruits and vegetables: Technology and Application. **Drying Technology**, v. 14, n. 2, p. 391-413, 1996.
- LOZANO, J. E.; IBARZ, A. Color changes in concentrated fruit pulp during heating at high temperature. **Journal of Food Engineering**, v. 31, n. 3, p. 365-373, 1997.

13. LUND, D. B. Effect of commercial processing on nutrients. **Food Technology**, v. 33, n. 2, p. 28-35, 1979.
14. MAROUZÉ, C.; GIROUX, F.; COLLIGNAN, A.; RIVIER, M. Equipment design for osmotic treatments. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2, p. 207-221, 2001.
15. MOURA, S. C. S. R.; BERBARI, S. A.; ALMEIDA, M. E. M.; LUCCAS V.; KITAHARA, E. O. Acompanhamento da vida-de-prateleira de caqui-passa. In: V CONGRESO IBEROAMERICANO DE INGENIERÍA DE ALIMENTOS. **Hacia una visión integrada de la Ingeniería de Alimentos**. 2005, Puerto Vallarta, Jalisco, México: CIBIA, set. 2005, CD, vol. único.
16. MOURA, S. C. S. R.; BERBARI, S. A.; GERMER, S. P. M.; MENDES, M. Vida-de-prateleira de banana-passa: Avaliação físico-química. In: XIX CONGRESSO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS: **Estratégias para o Desenvolvimento**. 2004, Recife: SBCTA, set. 2004, CD, vol. único.
17. MOURA, S. C. S. R.; VITALI, A. A.; ALMEIDA, M. E. M.; BERBARI, S. A. G.; SIGRIST, J. M. M. Cinética de degradação de polpas de morango. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 4, p. 115-121, 2001.
18. RAOULT-WACK, A. L. Recent advances in the osmotic dehydration of foods. **Trends in Food Science & Technology**, v. 5, p. 255-260, 1994.
19. SANJINEZ, A. E. J. S. **Goiabas desidratadas osmoticamente e secas : avaliação de um sistema osmótico semicontínuo, da secagem e da qualidade**. Campinas, 2005. 172 p. Tese (doutorado), Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).
20. SALAS, C. E. A. **Influencia de diferentes tratamientos para evitar el pardeamiento enzimatico y del estado de madurez en deshidratacion de manzanas**. Santiago, Chile, 1977, 80 p. Dissertação (Mestre em Agronomia), Facultad de Agronomia, Universidad de Chile.
21. TEIXEIRA NETO, R. O.; VITALI, A. A.; MOURA, S. C. S. R. Introdução à Cinética de Reação em Alimentos. In: MOURA, S. C. S. R., GERMER, S. P. M. **Reações de Transformação e Vida-de-Prateleira de Alimentos Processados** 3ª edição. Campinas: ITAL, 2004. Cap. 3, p. 25-47.
22. TORREGGIANI, D.; BERTOLO, G. Osmotic pre-treatments in fruit processing: chemical, physical and structure effects. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 2, p. 247-253, 2001.
23. VEGA-MERCADO, H.; GONGORA-NIETO, M. M.; BARBOSA-CANOVAS, G. V. Advances in dehydration of foods. **Journal of Food Engineering**, v. 49, n. 4, p. 271-289, 2001.
24. VITALI, A. A.; QUAST, D. G. Vida-de-prateleira de alimentos. In: MOURA, S. C. S. R., GERMER, S. P. M. **Reações de Transformação e Vida-de-Prateleira de Alimentos Processados** 3ª edição. Campinas: ITAL, 2004. Cap. 3, p. 49-57.
25. VITALI, A. A.; TEIXEIRA NETO, R. O.; GERMER, S. P. M. Testes acelerados de vida-de-prateleira de alimentos. In: MOURA, S. C. S. R., GERMER, S. P. M. **Reações de Transformação e Vida-de-Prateleira de Alimentos Processados** 3ª edição. Campinas: ITAL, 2004. Cap. 3, p. 75-81.
26. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 12 jun. 2005.
27. Disponível em: <<http://www.agrocarnes.com.br/comodities.htm>>. Acesso em: 12 jun. 2005.