

CORRELAÇÃO ENTRE MÉTODOS ESPECTROFOTOMÉTRICOS E COLORIMÉTRICOS NA DETERMINAÇÃO DA FOTO E TERMOSSENSIBILIDADE DOS CAROTENOIDES DE TOMATE

ALINE MANKE NACHTIGALL*
ANDRÉA GOMES DA SILVA**
PAULO CÉSAR STRINGHETA***
POLLYANNA IBRAHIM SILVA****
MICHELE CORRÊA BERTOLDI*****

A busca por pigmentos naturais para aplicação em alimentos e o desafio de sua produção industrial tem motivado pesquisadores a investigar sua estabilidade à luz, temperatura, pH e oxigênio. Mistura de licopeno, obtida de polpa de tomate e óleo mineral, foi preparada para se estudar a foto e termosensibilidade do corante. Determinações espectrofotométricas e colorimétricas foram realizadas durante o período de estocagem. O efeito da luz foi mais destrutivo que a maior temperatura avaliada (80°C), sobretudo pela descoloração brusca de algumas amostras após 30 dias de estocagem. O pigmento foi pouco afetado quando armazenado no escuro e a 40°C. Obtiveram-se correlações significativas nas reduções de absorbância com os valores colorimétricos "a*", "b*" e "h". Essas coordenadas foram as que explicaram melhor as variações ocorridas na decomposição do pigmento.

PALAVRAS-CHAVE: LICOPENO - ESTABILIDADE; ESPECTROFOTOMETRIA; MÉTODOS COLORIMÉTRICOS.

-
- * Pós-doutoranda em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, MG (e-mail: anachtigall@gmail.com).
** Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFRV, Viçosa, MG (e-mail: gomesa@uesb.br).
*** Doutor em Ciência de Alimentos, UFRV, Viçosa, MG (e-mail: pstringheta@yahoo.com.br).
**** Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFRV, Viçosa, MG (e-mail: pollyannaibrahim@yahoo.com.br).
*****Doutoranda em de Ciência e Tecnologia de Alimentos, UFRV, Viçosa, MG (e-mail: mibertoldi@yahoo.com.br).

1 INTRODUÇÃO

A notoriedade que os corantes naturais vêm assumindo deve-se não só à tendência mundial de consumo de produtos naturais, mas também às propriedades funcionais atribuídas a alguns desses pigmentos. O apelo mercadológico estimula cada vez mais o desenvolvimento de novos estudos com o intuito de superar as limitações tecnológicas existentes (CONSTANT, STRINGHETA e SANDI, 2002).

A atividade antioxidante e a coloração dos carotenoides são consequência de sua estrutura. O licopeno, carotenoide acíclico, é completamente insolúvel em água e ligeiramente solúvel em óleo vegetal (MAYER-MIEBACH et al., 2005), sendo composto por onze ligações conjugadas e duas ligações duplas não conjugadas (STAHL e SIES, 1996). Trata-se de potente agente antioxidante, sendo considerado o carotenoide com a maior capacidade sequestrante de oxigênio singlete (MORITZ e TRAMONTE, 2006).

Estudos evidenciaram a relação entre o aumento da ingestão de alimentos ricos em carotenoides e a diminuição do risco de várias doenças, como câncer e certas enfermidades crônicas (SHAMI e MOREIRA, 2004). MORITZ e TRAMONTE (2006) afirmaram que o consumo de licopeno tem sido associado à redução do risco do desenvolvimento de câncer, especialmente o de próstata.

Em face da demanda pelo consumo de produtos coloridos naturalmente e seus efeitos benéficos à saúde, este trabalho objetivou avaliar a estabilidade de licopeno, proveniente de polpa concentrada de tomate, frente à luz e temperatura ao longo do tempo de armazenamento e, ainda, relacionar o comportamento qualitativo da cor com dados quantitativos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATÉRIA-PRIMA

Foram utilizadas polpas de tomate concentradas, produzidas na planta piloto do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Viçosa – MG.

2.2 EXTRAÇÃO DO LICOPENO

A extração foi realizada com acetona em três etapas, partindo-se da mesma quantidade de amostra. Alíquotas de 5 g de amostra da polpa concentrada foram trituradas com o solvente, utilizando-se quatro partes de acetona para uma parte de amostra, e deixadas em maceração por 24 horas em recipientes de vidro hermeticamente fechados ao abrigo da luz e temperatura ambiente ($22 \pm 2^\circ\text{C}$). Após a maceração, os extratos foram filtrados a vácuo e os resíduos reextraídos com a mesma relação de amostra: solvente em mais duas etapas, com quatro repetições. Os filtrados obtidos de cada extração foram separados em funil de decantação com éter de petróleo e lavados com água destilada por quatro vezes. Posteriormente, os extratos etéreos foram transferidos para balões de fundo redondo de 250 mL e concentrados sobre pressão reduzida a temperatura de $30\text{-}35^\circ\text{C}$ (SILVA, 2001).

2.3 ESTABILIDADE DOS CAROTENOIDES

A estabilidade do licopeno extraído da polpa concentrada de tomate foi avaliada em relação à presença de luz (2 lâmpadas fluorescentes de 40 W na distância de 9 cm, 2.500 lux, a $20 \pm 2^\circ\text{C}$) e ausência (frascos âmbar protegidos de qualquer fonte luminosa, a $20 \pm 2^\circ\text{C}$) e diferentes temperaturas de armazenamento (40°C , 60°C e 80°C), conforme metodologia adaptada de STRINGHETA (1991).

O acompanhamento da degradação do licopeno, diluído em óleo mineral, foi realizado mediante leituras de absorbância no comprimento de onda de máxima absorção (480 nm), fazendo-se uso de espectrofotômetro SHIMADZU modelo UV 1601PC (Kyoto, Japão). As leituras colorimétricas dos valores

“L*”, “a*” e “b*” foram realizadas em colorímetro da Colorquest XE HUNTERLAB (Reston, USA) no modo reflectância e na escala CIELAB, empregando-se iluminante D65/10°. Esse procedimento foi estendido de acordo com o comportamento de degradação observado entre as duas últimas leituras. Os parâmetros saturação (c) e tonalidade (h) foram calculados a partir dos valores de “a*” e “b*”. As determinações foram realizadas em três repetições com intervalo de 4 horas.

Os valores da constante de velocidade de degradação (K_d) foram determinados pela inclinação da reta representada pelo logaritmo neperiano da absorbância da solução de licopeno em função do tempo. A partir do K_d determinou-se o tempo de meia-vida ($t_{1/2}$) da solução do pigmento, ou seja, o tempo necessário para reduzir em 50% a absorbância inicial do pigmento, obtido pela relação de $t_{1/2} = \ln 0,5/k_d$.

2.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

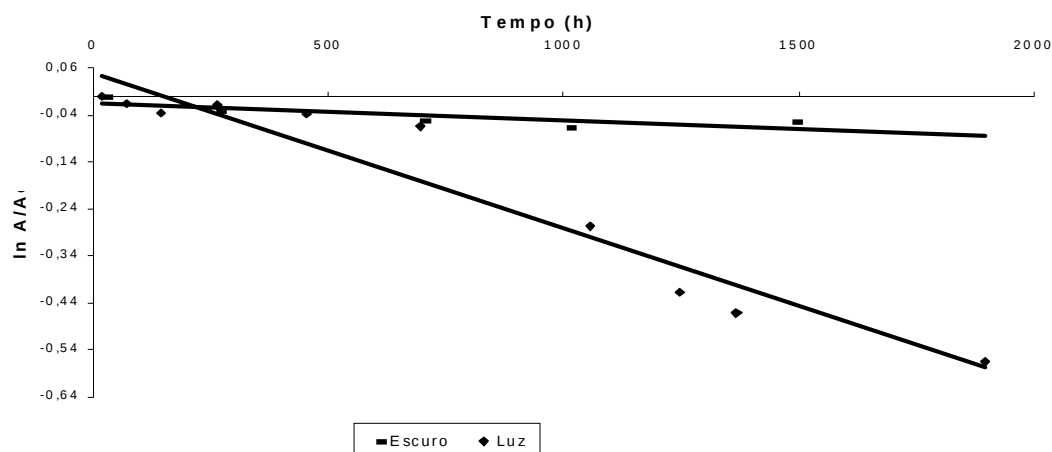
Utilizou-se delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. As leituras ao longo do tempo constituíram os tratamentos, os quais foram estudados através de análise de regressão. Estimaram-se as correlações entre os valores de “L*”, “a*”, “b*”, cromatidade (c) e tonalidade (h) com os valores de absorbância (SILVA, 2001).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 AVALIAÇÃO POR ESPECTROFOTOMETRIA

As curvas de degradação da solução de licopeno exposta à presença e ausência de luz, bem como suas respectivas equações e valores de K_d e $t_{1/2}$ estão ilustrados na Figura 1 e na Tabela 1, respectivamente.

FIGURA 1 - DEGRADAÇÃO DO LICOPENO NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE LUZ À TEMPERATURA AMBIENTE AO LONGO DO TEMPO



Pelos valores da constante de degradação (k_d) e pelos tempos de meia vida ($t_{1/2}$), visualizados na Tabela 1, percebe-se a influência da luz sobre os pigmentos ao longo do tempo. Os valores da k_d confirmam maior degradação do pigmento armazenado na presença de luz, sendo estimado um tempo de meia-vida de 91 dias para os frascos armazenados sob luz e 875 dias para aqueles armazenados no escuro.

TABELA 1 – EQUAÇÕES DE REGRESSÃO, R² E VALORES DE K_d E T_{1/2} (DIAS) PARA O EXTRATO DE LICOPENO NA PRESENÇA E AUSÊNCIA DE LUZ À TEMPERATURA AMBIENTE

Parâmetros	Equação da reta	K _d	t _{1/2} (dias)
Luz	$\ln y = -0,000316^{**}t + 0,0471$ R ² = 0,86	0,000316	91
Escuro	$\ln y = -0,000033^{*}t - 0,0155$ R ² = 0,66	0,000033	875

* e ** significativo a 5 e 1%, respectivamente.

De acordo com RODRIGUEZ-AMAYA, BOBBIO e BOBBIO (1982), temperaturas acima de 40°C contribuem para as perdas de pigmentos. Esse fato foi constatado pela excelente estabilidade apresentada pelas soluções de licopeno armazenadas no escuro em temperatura ambiente (Tabela 1) e pelas pequenas reduções percebidas nos valores de absorbância ao longo do tempo quando o pigmento foi exposto a 40°C. A reduzida degradação inviabilizou o ajuste ao modelo de regressão proposto.

Ao observar os dados apresentados na Figura 2 e na Tabela 2 verifica-se que quanto mais elevada a temperatura, maior a constante de degradação e, conseqüentemente, menor o tempo de meia-vida do licopeno. O tempo necessário para reduzir em 50% a concentração inicial de licopeno a 80°C foi de 4 meses, enquanto que a 60°C estendeu-se para aproximadamente 6 meses.

FIGURA 2 – DEGRADAÇÃO DE LICOPENO NAS TEMPERATURAS DE 60 E 80°C AO LONGO DO TEMPO, NA AUSÊNCIA DE LUZ

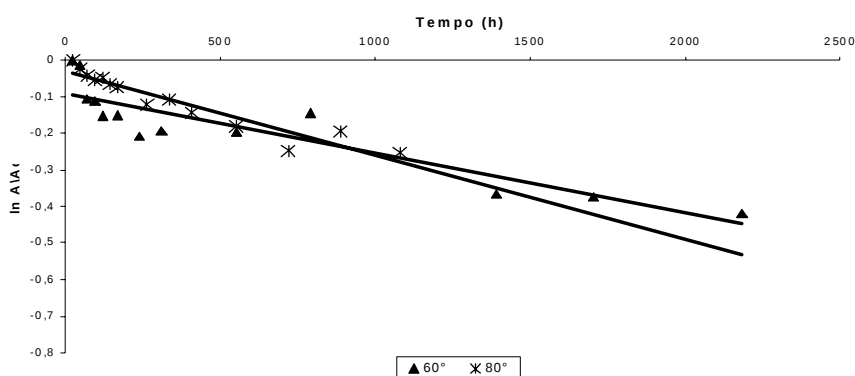


TABELA 2 – EQUAÇÕES DE REGRESSÃO AJUSTADAS, R² E VALORES DE K_d E T_{1/2} (DIAS) PARA OS EXTRATOS DE LICOPENO NAS TEMPERATURAS DE 60 E 80°C

Temperatura (°C)	Equação da reta	K _d	t _{1/2} (dias)
60	$\ln y = -0,000163^{**}t - 0,0911$ R ² = 0,81	0,000163	177
80	$\ln y = -0,000230^{**}t - 0,0301$ R ² = 0,90	0,000230	123

** significativo a 1%.

Os resultados (Figura 2 e Tabela 2) assemelharam-se aos encontrados por LEE e CHEN (2005) ao estudarem a estabilidade de carotenoides em suco de tomate durante a estocagem. Tais autores avaliaram a estabilidade do licopeno em função do tempo de aquecimento nas temperaturas de 50°C, 100°C e 150°C e quanto ao fator luz. Quando aquecido a 50°C, a isomerização ocorreu nas

primeiras 9 horas, sendo a degradação favorecida posteriormente. A 100°C e 150°C, a degradação ocorreu mais rápido que a isomerização, ao passo que a luz favoreceu a isomerização. O conteúdo total de *trans*-licopeno foi reduzido com o aumento do tempo de exposição à luz, ocorrendo aumento nos níveis de mono *cis*-licopeno devido à conversão desse a partir do *trans*-licopeno.

NOBEL (1975) investigou o efeito da temperatura na mudança de cor de polpa de tomate com 10, 15 e 20% de sólidos solúveis, concentrados a vácuo em temperatura de 46±1°C. Verificou que o decréscimo do conteúdo de licopeno foi motivado pela degradação real de licopeno na conversão progressiva de all-*trans*-licopeno para a forma *cis*, que é menos colorida.

Comparando as duas condições mais deletérias ao pigmento constata-se que o efeito da luz foi mais destrutivo do que a faixa de temperatura avaliada, fato que já havia sido observado por MATIOLI e RODRIGUEZ-AMAYA (2003). CONSTANT (1999) ao trabalhar com a bixina, também verificou que o efeito da luz foi mais destrutivo do que a temperatura de 75°C.

A relativa estabilidade do licopeno nas condições mais brandas de armazenamento (20°C e 40°C, ambas no escuro) pode estar relacionada com reações de isomerização. As demais condições de estocagem potencializaram o efeito da autooxidação, sobretudo pela exposição do pigmento à ação da luz.

TAKEOKA et al. (2001) verificaram redução entre 8% e 28% no conteúdo de licopeno de tomate em pasta. Afirmaram que o licopeno encontrado no tomate é relativamente mais resistente à degradação quando comparado ao puro em sistema modelo. Isto porque outros constituintes podem auxiliar na estabilização do licopeno durante o processamento, como os tocoferóis, ácido ascórbico e antioxidantes fenólicos.

MATIOLI e RODRIGUEZ-AMAYA (2003) recomendaram a microencapsulação como técnica viável para garantir a estabilidade e o uso de licopeno como corante em alimentos. O licopeno microencapsulado com α e β -ciclodextrinas apresentou excelente estabilidade à luz, um dos fatores que mais influencia a estabilidade dos carotenoides.

3.2 AVALIAÇÃO POR COLORIMETRIA

Na Tabela 3 estão apresentadas as leituras das coordenadas colorimétricas na ausência e presença de luz.

TABELA 3 - EFEITO DA LUZ NAS COORDENADAS COLORIMÉTRICAS EM FUNÇÃO DO TEMPO

Tempo (h)	Ausência de Luz				
	L*	a*	b*	c	h
20	45,37 ± 0,10	18,48 ± 0,06	24,61 ± 0,06	30,78 ± 0,08	0,92 ± 0,00
3408	45,60 ± 0,24	15,54 ± 0,13	25,18 ± 0,13	30,61 ± 0,16	0,98 ± 0,00
	Presença de Luz				
	L*	a*	b*	c	h
20	45,64 ± 0,14	18,61 ± 0,11	24,55 ± 0,09	30,81 ± 0,13	0,92 ± 0,00
1896	47,48 ± 0,23	15,84 ± 0,34	25,21 ± 0,06	29,77 ± 0,14	1,01 ± 0,01

A exposição do pigmento à luz intensificou a redução dos valores da coordenada "a*", ao passo que para a luminosidade (L*) observou-se efeito contrário. A diminuição dos valores da coordenada "a*" e o aumento da coordenada "b*", tanto na presença como na ausência de luz, indicaram mudança de coloração de vermelha para amarela (Tabela 3). Esse comportamento pode ser explicado pelas diferentes taxas e vias de degradação dos pigmentos.

Pode-se observar na Tabela 3 que a saturação da cor (c) permaneceu relativamente estável. A tonalidade (h) aumentou adquirindo tom amarelo. Esse fato sugere mudança na K_d, uma vez que a cinética da reversão é mais lenta do que a de autooxidação e que a passagem de *trans* para *cis*-licopeno torna o pigmento mais instável, reativo e menos colorido (BOSCOVIC, 1979; NGUYEN e SCHWARTZ, 1999).

Na Tabela 4 são apresentadas as alterações ocorridas nas coordenadas colorimétricas referentes ao efeito da temperatura.

TABELA 4 - EFEITO DA TEMPERATURA NOS VALORES DAS COORDENADAS COLORIMÉTRICAS EM FUNÇÃO DO TEMPO

Tempo (h)	40°C				
	L*	a*	b*	c	h
24	48,10 ± 0,07	17,28 ± 0,06	25,76 ± 0,08	31,02 ± 0,10	0,97 ± 0,00
4200	47,16 ± 0,08	15,40 ± 0,06	25,63 ± 0,06	29,90 ± 0,08	1,02 ± 0,00
	60°C				
	L*	a*	b*	c	h
24	46,20 ± 0,56	15,03 ± 0,30	25,33 ± 0,49	30,49 ± 0,57	0,93 ± 0,00
3696	46,97 ± 0,05	16,12 ± 0,10	25,70 ± 0,04	30,34 ± 0,08	1,01 ± 0,00
	80°C				
	L*	a*	b*	c	h
24	47,34 ± 0,11	15,06 ± 0,16	25,66 ± 0,07	29,75 ± 0,06	1,04 ± 0,01
1080	48,25 ± 0,14	13,44 ± 0,13	26,26 ± 0,05	29,50 ± 0,02	1,09 ± 0,00

A cor da solução de licopeno modificou-se ao longo do tempo, indicando redução da contribuição do vermelho quando o pigmento foi submetido a temperaturas de 40°C e 80°C. O decréscimo na coordenada “a*” está diretamente relacionado com a degradação dos pigmentos vermelhos (NOBEL, 1975; CONSTANT, 1999). Já na temperatura de 60°C observou-se ligeiro aumento no valor de “a*”, contrariando a tendência de decréscimo verificada nas demais condições para a mesma coordenada. Tal fato pode ser atribuído a possíveis equívocos na leitura colorimétrica, já que a absorbância nesse período decresceu claramente (Figura 1). MOLICA (1999) também observou aumento da coordenada “a*” em tomates desidratados ao longo do período de armazenamento.

A tendência de aumento proporcional nas coordenadas “b*” e L, observada quando o pigmento foi submetido a temperaturas de 60°C e 80°C, indica que a amostra tornou-se amarela brilhante e mais translúcida (Tabela 4). No entanto, quando o extrato de licopeno foi submetido à temperatura de 40°C não foi possível ajustar nenhum modelo de regressão que explicasse satisfatoriamente as variações ocorridas nas coordenadas “b*” e “L” ao longo do tempo. Praticamente, não houve variação nos valores de “b*” podendo este fato relacionar-se com a isomerização para a forma *cis*. Admitindo-se a hipótese de reisolomerização, no entanto, sabe-se que as reações de autooxidação e reversão são competitivas e ocorre a degradação tanto da forma *trans* como da *cis* (BOSCOVIC, 1979).

Há controvérsias com relação às alterações sofridas pela coordenada “L”. NOBEL (1975) afirmou que há decréscimo nos valores da luminosidade (L) conforme se incrementa a severidade do tratamento térmico em produtos de tomate. Porém, MOLICA (1999) percebeu tendência de aumento no valor “L” durante a estocagem ao trabalhar com tomates desidratados.

Verificou-se tendência de declínio para o croma (c) e aumento da tonalidade (h) nas três temperaturas avaliadas (Tabela 4). O comportamento desses dois parâmetros indica que mudanças ocorreram na cor das soluções de licopeno armazenadas a 40°C, 60°C e 80°C ao longo do tempo e, conseqüentemente, no conteúdo de licopeno. Esse comportamento evidencia que a cor permaneceu com a saturação característica do início do experimento e tendendo para matiz amarela.

A elevação nos valores de “a*” e “b*” dificultou a percepção da cor, uma vez que o croma (c) é obtido pela relação entre esses valores. O aumento de “c” indica que ocorreu modificação da tonalidade do pigmento de vermelho-alaranjado para amarelo. Segundo BOSCOVIC (1979), a alteração pode ser justificada pela mudança da isomeria *trans-cis* do licopeno ocasionada pelo tratamento térmico, cuja conseqüência é uma coloração mais clara, menos intensa e menos saturada.

É fato, que o efeito da luz é mais agressivo ao pigmento do que determinadas faixas de temperatura. CONSTANT (1999), estudando a estabilidade de bixina com diferentes agentes encapsulantes, afirmou que o efeito de luz é o mais deletério para os pigmentos de urucum.

Pode-se inferir que a solução de carotenoides presentes no tomate, expresso em teor de licopeno, apresentou coloração tendendo para o laranja, que ao longo do tempo adquiriu matiz amarela.

3.3 CORRELAÇÃO ENTRE DADOS ESPECTROFOTOMÉTRICOS E COLORIMÉTRICOS

Na Tabela 5 estão apresentados os coeficientes de correlação linear simples entre as medidas espectrofotométricas e colorimétricas das soluções de licopeno.

TABELA 5 - COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO ENTRE AS LEITURAS DE ABSORBÂNCIA A 480 nm COM OS VALORES COLORIMÉTRICOS “L”, “a*”, “b*” E CALCULADOS DE “c” E “h”

Leitura/ Valor		Coeficientes				
		Escuro	Luz	40°C	60°C	80°C
Absorbância	L*	-0,87 [*]	-0,95 ^{**}	---	-0,96 ^{**}	-0,74 ^{**}
Absorbância	a*	0,96 ^{**}	0,99 ^{**}	0,62 [*]	-0,83 ^{**}	0,92 ^{**}
Absorbância	b*	-0,93 ^{**}	-0,86 ^{**}	---	-0,95 ^{**}	-0,77 ^{**}
Absorbância	c	0,57 ^{ns}	0,96 ^{**}	0,64 [*]	-0,94 ^{**}	0,21 ^{ns}
Absorbância	h	-0,97 [*]	-0,99 ^{**}	-0,56 [*]	-0,96 ^{**}	-0,97 ^{**}

* e ** significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste “F”, respectivamente.

ns – não significativo a 5% de probabilidade.

As correlações entre os dados espectrofotométricos e colorimétricos confirmam o comportamento diferenciado para o ensaio da termosensibilidade dos pigmentos, extraídos do tomate, expostos a 40°C na ausência de luz. Essa temperatura apresentou correlações significativas para todos os parâmetros avaliados, exceto para as coordenadas “L” e “b*” que não foram ajustadas ao modelo de regressão.

Para a luminosidade (L) e para a coordenada “b*” a correlação com os valores de absorbância foi negativa na presença e ausência de luz, bem como quando os pigmentos foram expostos a temperaturas de 60°C e 80°C. Com relação à coordenada “b*”, esse fato indica que a absorbância decresceu e a intensidade do amarelo aumentou. Já o croma (c) na condição de exposição à luz apresentou correlação elevada e positiva, definindo que a absorbância decresce e a saturação da cor segue a mesma tendência. Contudo, para o escuro, a correlação dos valores de c com as reduções de absorbância não foi significativa. No entanto, a correlação foi negativa e alta em todas as condições testadas para o parâmetro “h”, fato verificado nas leituras espectrofotométricas e colorimétricas. Esse comportamento sugere que com o decréscimo da absorbância, a tonalidade tende a passar da cor laranja para a amarela.

Observou-se ao término do trabalho que os testes colorimétricos podem ser empregados para auxiliar nas avaliações de estabilidade, quando a cor é fator de qualidade. Porém, embora seja comum a análise apenas das coordenadas “L”, “a*” e “b*”, os resultados deste trabalho demonstraram que a análise dos parâmetros croma (c) e tonalidade (h) contribuiu sensivelmente para a compreensão das alterações sofridas pelo pigmento.

4 CONCLUSÃO

Ao avaliar a estabilidade do licopeno diante da ação da luz e da temperatura constatou-se que o efeito da luz foi mais destrutivo que o incremento da temperatura. Na temperatura de 40°C ocorreu reduzida degradação dos pigmentos. O armazenamento no escuro, usado como controle, foi o que apresentou melhor estabilidade do pigmento avaliado.

A degradação sofrida pelo pigmento, medida pela absorbância, mostrou-se concordante com as variações colorimétricas das coordenadas “L”, “a*”, “b*”, “c” e “h”. A coordenada “a*” apresentou melhor correlação com as reduções das leituras espectrofotométricas ao longo do tempo de armazenamento, seguida pelas coordenadas “h” e “b*”.

O licopeno, além das vantajosas propriedades bioativas, pode ser empregado como corante natural para produtos alimentícios, sobretudo por apresentar boa estabilidade à temperatura sob efeito de pouca luz.

ABSTRACT

CORRELATION BETWEEN SPECTROPHOTOMETRIC AND COLORIMETRIC METHODS FOR DETERMINATION OF PHOTOSENSITIVITY AND THERMOSENSITIVITY OF TOMATO CAROTENOIDS

The search for natural pigments for application in foods and the challenge of their industrial production has been motivating researchers to investigate their stability to light, temperature, pH and oxygen. A lycopene mixture, obtained from tomato pulp and mineral oil, was prepared to study the photosensitivity and the

thermal sensitivity of the pigment. Spectrophotometric and colorimetric determinations were made during the storage period. Light effect was more destructive than the largest temperature evaluated (80°C), and it was observed an abrupt discoloration in some samples, after 30 days of storage. The pigment was little affected when stored under dark at 40°C. Significant correlations between the reduction of absorbances values and the colorimetric coordinates "a*", "b*" and h were obtained. These colorimetric coordinates explained in a best way the variations happened to the pigment.

KEY-WORDS: LYCOPEN - STABILITY; SPECTROPHOTOMETRY; COLORIMETRIC METHODS.

REFERÊNCIAS

- 1 BOSCOVIC, M.A. Fate of lycopene in dehydrated tomato products: carotenoid isomerization in food system. **Journal Food Science**, Chicago, v. 44, n.1, p. 84-86, 1979.
- 2 CONSTANT, P.B.L. **Microencapsulamento de bixina**: agentes encapsulantes, avaliação da qualidade e aplicações. Viçosa, 1999. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa.
- 3 CONSTANT, P.B.L.; STRINGHETA, P.C.; SANDI, D. Corantes alimentícios. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 203-220, 2002.
- 4 LEE, C.H.; CHEN, B.H. Stability of carotenoids in tomato juice during storage. **Food Chemistry**, Kidlington Oxford, v. 90, n. 4, p. 837-846, 2005.
- 5 MATIOLI, G.; RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. Microencapsulação do licopeno com ciclodextrinas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23, supl., p. 102-105, 2003.
- 6 MAYER-MIEBACH, E.; BEHSNILIAN, D.; REGIER, M.; SCHUCHMANN, H.P. Thermal processing of carrots: lycopene stability and isomerisation with regard to antioxidant potential. **Food Research International**, Kidlington Oxford, v. 38, n. 8/9, p. 1103-1108, 2005.
- 7 MOLICA, E.M. **Avaliação dos parâmetros envolvidos na produção de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) desidratado**. Viçosa, 1999. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa.
- 8 MORITZ, B.; TRAMONTE, V.L.C. Biodisponibilidade do licopeno. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 265-273, 2006.
- 9 NGUYEN, M.L.; SCHWARTZ, S.J. Lycopene: chemical and biological properties. **Food Technology**, Chicago, v. 53, n. 2, p. 38-45, 1999.
- 10 NOBEL, A. C. Investigation of the color changes in heat concentrated tomato pulp. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 23, n. 1, p. 45-46, 1975.
- 11 RODRIGUEZ-AMAYA, D.; BOBBIO, F.O.; BOBBIO, P.A. **Curso sobre pigmentos naturais**. Campinas: SBCTA/SP, 1982. 56 p.
- 12 SILVA, A.G. da. **Extração e estabilidade dos carotenoides obtidos de tomates processados (*Lycopersicon esculentum* Mill)**. Viçosa, 2001. 94 f. Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Viçosa.
- 13 SHAMI, N.J.I.E.; MOREIRA, E.A.M. Licopeno como agente antioxidante. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 17, n. 2, p. 227-236, 2004.
- 14 STAHL, W; SIES, H. Lycopene: a biologically important carotenoid for humans? **Archives of Biochemistry and Biophysics**, Amsterdam, v. 336, n. 1, p. 1-9, 1996.
- 15 STRINGHETA, P.C. **Identificação da estrutura e estudo da estabilidade das antocianinas extraídas da inflorescência de capim gordura (*Melinis minutiflora*, Pal de Beauv)**. Campinas, 1991. 138 f. Tese (Doutorado em Ciências de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas.
- 16 TAKEOKA, G.R. et al. Processing effects on lycopene content and antioxidant activity of tomatoes. **Journal of Agriculture and Food Chemistry**, Washington, v. 49, n. 8, p. 3713-3717, 2001.