

# Colesterol e 7-cetocolesterol livre em macarrão contendo ovos\*

## *Cholesterol and free 7-ketocholesterol in pasta with eggs*

### ABSTRACT

ESCARABAJAL, C.; TENUTA FILHO, A. Cholesterol and Free 7-Ketocholesterol in Pasta with Eggs. *Nutrire*: rev. Soc. Bras. Alim. Nutr.= J. Brazilian Soc. Food Nutr., São Paulo, SP, v. 29, p. 51-60, jun. 2005.

*The egg is used as a raw material in food production due to its functional and nutritional properties. Oxidation of the cholesterol present in the egg is likely to occur in significant ratios, during processing, storage and/or preparation of the product for consumption. Samples of commercial pasta with eggs were analyzed in regard to cholesterol and its oxidative stability, evaluated by the occurrence of free 7-ketocholesterol. The quantification was made by High-Performance Liquid Chromatography. Cholesterol levels varied significantly, from 11.06 to 155.88mg/100g. For the most part, the samples showed values below the values declared by the manufacturers, indicating a lesser egg addition into the product than that recommended by the legislation, thus characterizing fraud. It was observed the presence of free 7-ketocholesterol,  $0.22 \pm 0.09 \mu\text{g/g}$  (dry base), or 0.4% of cholesterol. Additional studies are suggested aiming to better understand the stability of cholesterol during cooking of the pasta. This suggestion was made because the results obtained were not conclusive.*

**Keywords: cholesterol; cholesterol oxides; 7-ketocholesterol; pasta; egg.**

**CLÁUDIA ESCARABAJAL;  
ALFREDO TENUTA FILHO**

Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo

**Endereço para**

**correspondência:**

Alfredo Tenuta Filho  
Av. Prof. Lineu Prestes,  
580, Bloco 14,  
Cidade Universitária,  
CEP 05508-900,  
São Paulo, SP.

e-mail: eetenuta@usp.br.

Trabalho apresentado no:

XIX Seminário de Pós-Graduação da FCF/USP, em São Paulo-SP, em 18-22/10/2004.

Trabalho subvencionado por: Auxílio à Pesquisa da FAPESP, processo nº14173-0.

**Agradecimentos:**

À FAPESP, pelo auxílio financeiro, e à CAPES, pela Bolsa de Estudo concedida à autora C.E.

\* Trabalho baseado em Dissertação de Mestrado: Estabilidade oxidativa do colesterol em ovo integral em pó e em macarrão contendo ovos medida através do 7-cetocolesterol livre. 2004. Faculdade de Ciências Farmacêuticas da USP. 57 pp.

## RESUMEN

*El huevo es utilizado como materia prima en la producción de alimentos debido a sus propiedades funcionales y nutricionales. Una fracción significativa del colesterol constituyente del huevo puede sufrir oxidación durante el procesamiento, almacenamiento o manipulación para el consumo. En este estudio analizamos el colesterol y su estabilidad oxidativa, evaluada por la concentración de 7-cetocolesterol libre en muestras comerciales de pasta que contienen huevo en su formulación. Para la cuantificación utilizamos Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia. La variación en la concentración de colesterol determinada fue bastante amplia, 11,06 a 155,88mg/100g. En la mayoría de las muestras, los valores encontrados estaban abajo de los declarados por los fabricantes, indicando menor adición del huevo en el producto que el recomendado por la legislación y caracterizando fraude. La presencia de 7-cetocolesterol libre fue evidenciada,  $0,22 \pm 0,09 \mu\text{g/g}$  (materia seca), o 0,4% del colesterol. Estudios adicionales son necesarios para establecer la estabilidad del colesterol durante la preparación de pasta para el consumo, considerando que estos resultados no son conclusivos.*

**Palabras clave:** colesterol; óxidos de colesterol; 7-cetocolesterol; pasta; huevo.

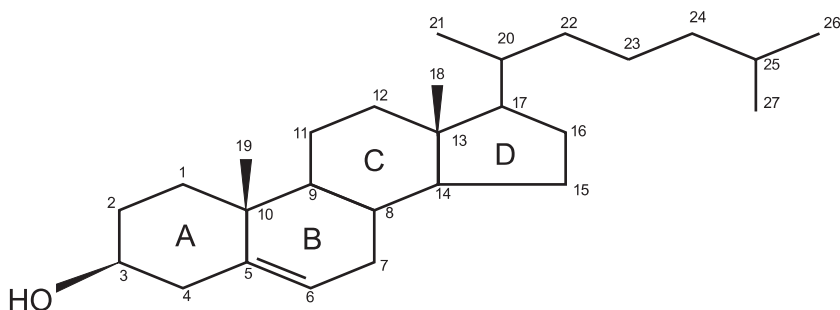
## RESUMO

*O ovo é utilizado como matéria-prima na produção de alimentos devido suas propriedades funcionais e nutricionais. Existe, entretanto, a possibilidade de ocorrer a oxidação do colesterol constituinte do ovo em proporções significativas, durante o processamento, estocagem, ou preparo do produto para o consumo. Amostras comerciais de macarrão contendo ovos foram analisadas em relação ao colesterol e à sua estabilidade oxidativa, avaliada pela ocorrência de 7-cetocolesterol livre. A quantificação foi feita por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência – CLAE. O colesterol variou bastante, de 11,06 a 155,88mg/100g. Na maioria das amostras, os valores encontrados estavam abaixo dos declarados pelos fabricantes, indicando menor adição de ovo no produto que a recomendada pela legislação, caracterizando fraude. Foi constatada a ocorrência do 7-cetocolesterol livre,  $0,22 \pm 0,09 \mu\text{g/g}$  (matéria seca), ou seja, 0,4% do colesterol quantificado. Estudos adicionais foram sugeridos para melhor conhecer a estabilidade do colesterol durante o preparo do macarrão para o consumo, tendo em vista os resultados não conclusivos obtidos.*

**Palavras-chave:** colesterol; óxidos de colesterol; 7-cetocolesterol; macarrão; ovo.

## INTRODUÇÃO

A estrutura química do colesterol é dada por núcleos policíclicos (ciclopentano-peridrofenantreno), em quatro anéis (A,B,C, e D) fundidos entre si, e uma cadeia lateral alifática a partir do carbono 17. Entre os carbonos 5 e 6, no anel B, ocorre uma dupla ligação, e uma hidroxila está fixada ao carbono 3, no anel A, permitindo esterificação com ácido graxo (Figura 1) (MAERKER, 1987). Esta estrutura está sujeita à oxidação por reações enzimáticas, que ocorrem no organismo, e não-enzimáticas, em alimentos, sendo neste caso pelos processos de autooxidação, peroxidação lipídica ou oxidação fotoquímica (SMITH, 1987; 1990; GUARDIOLA *et al.*, 1995).



**Figura 1 Colesterol (MAERKER, 1987)**

Os estudos sobre a oxidação do colesterol em alimentos têm sido motivados principalmente pelas características biológicas de óxidos formados, que interferem na morfologia e função da membrana celular, inibem a biossíntese do próprio colesterol e são aterogênicos (BROWN e JESSUP, 1999; PENG *et al.*, 1991), citotóxicos (OSADA, 2002; OHTANI *et al.*, 1996; SEVANIAN e PETERSON, 1986; SMITH e JOHNSON, 1989), mutagênicos e carcinogênicos (GUARDIOLA *et al.*, 1996).

Muitos óxidos de colesterol (OsC) têm sido identificados (TAI *et al.*, 1999), sendo oito deles os mais frequentemente encontrados em alimentos: 7-cetocolesterol (7-ceto), 20-hidroxicolesterol (20-OH), 25-hidroxicolesterol (25-OH), 7 $\alpha$ -hidroxicolesterol (7 $\alpha$ -OH), 7 $\beta$ -hidroxicolesterol (7 $\beta$ -OH), colesterol-5,6 $\alpha$ -epóxido (5,6 $\alpha$ -epóxido), colesterol-5,6 $\beta$ -epóxido (5,6 $\beta$ -epóxido) e colestanoltriol (Triol) (LERCKER e RODRIGUEZ-ESTRADA, 2000; PIE *et al.*, 1990; TAI *et al.*, 1999). O 7-ceto tem ocorrência maior em muitos alimentos e, por isso, sugerido o seu uso como indicador da oxidação do colesterol.

O teor de colesterol tem sido utilizado como parâmetro da qualidade para macarrão contendo ovos, de acordo com a Resolução 12/78, da Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos, do Ministério da Saúde (BRASIL, 1978). É estabelecido que “massas com ovos” devem conter no mínimo três ovos por quilograma, correspondendo a 0,450g de colesterol. A quantidade mínima requerida, por lei italiana, é de quatro ovos por quilograma (ZUNIN *et al.*, 1996).

No processo de fabricação de macarrão, os ciclos de secagem envolvem aquecimento a temperaturas entre 70-90°C, por períodos que podem exceder a dez horas (ZUNIN *et al.*, 1996). Os processos convencionais utilizam temperaturas na faixa de 40-50°C, com períodos de ventilação que podem exceder 14 horas (ORMENESE *et al.*, 1998). Na produção do macarrão contendo ovos, sob tais condições, é possível que a estabilidade oxidativa do colesterol seja afetada (PENAZZI *et al.*, 1995; ZUNIN *et al.*, 1996), assim como durante a estocagem e o preparo do produto para o consumo.

O objetivo do trabalho foi examinar amostras comerciais de macarrão contendo ovos em relação ao conteúdo em colesterol e à sua estabilidade oxidativa, por intermédio da quantificação do 7-cetocolesterol livre.

## MATERIAL E MÉTODOS

### MATERIAL

O isopropanol e o hexano utilizados na cromatografia tinham grau CLAE e os demais reagentes grau PA. O 6-cetocolesterol (*5 $\alpha$ -cholestan-3 $\beta$ -ol-6one*), 7-cetocolesterol (*5-cholesten-3 $\beta$ -ol-7-one*) e colesterol (*5-cholesten-3 $\beta$ -ol*) foram obtidos da Sigma, e o Florisil (MgO:SiO<sub>2</sub>, 15:85) da Merck. As amostras de macarrão foram adquiridas comercialmente em supermercados, na cidade de São Paulo, SP, e tinham validade entre dezembro de 2003 a julho de 2005.

### MÉTODOS

#### Umidade e lípides totais

A umidade foi analisada com base na perda de voláteis a 105°C (IAL, 1985) e os lípides totais por extração com clorofórmio/metanol (2:1) (BLIGH e DYER, 1959), a partir da amostra previamente hidratada com água destilada (1:1), sendo o extrato obtido evaporado a 40°C, em rotoevaporador, sob vácuo, e o resíduo pesado.

#### Colesterol

A extração lipídica seguiu o proposto por BLIGH e DYER (1959) e o extrato lipídico foi evaporado e submetido à saponificação a frio (25 a 30°C), por 18 horas, com 20mL de KOH 1M, em metanol, conforme CHEN e CHEN (1994). A fração insaponificável foi extraída com 10mL de hexano, por três vezes consecutivas, o solvente evaporado a 40°C, em rotoevaporador, sob vácuo, e o resíduo gerado usado na quantificação do colesterol por CLAE, segundo CSALLANY *et al.* (1989), depois de ressuspensão em 2mL da fase móvel hexano/isopropanol, 97:3, filtrado em membrana durapore (Millex-Millipore), com 0,45 $\mu$ m de diâmetro, e automaticamente injetado em alíquotas de 20 $\mu$ L, no cromatógrafo Shimadzu LC-10ADVP. Foi usada coluna  $\mu$ -Porasil, com 10 $\mu$ m de poro, de 30 x 0,39cm (WATERS ASSOCIATES), em fase normal, com o fluxo de 1mL/min. O monitoramento se deu a 206nm

utilizando detector de fotodiodos. Os parâmetros de validação do citado método constam publicados em MORALES-AIZPURÚA e TENUTA-FILHO (2005).

### 7-cetocolesterol livre

A extração lipídica foi feita conforme descrita por BLIGH e DYER (1959), com adição prévia de 6-cetocolesterol, como padrão interno (CHEN e CHEN,1994; MAERKER e UNRUH, 1986), e de BHT, a 0,02%, calculado em relação aos lípides. A separação em fase sólida consistiu do procedimento (método A) empregado por PENAZZI *et al.* (1995): o extrato lipídico (50-60mg) foi diluído com 0,5mL de n-heptano / isopropanol (98:2), adicionado em coluna de Florisil (500mg) e eluído com acetona. Após a evaporação da acetona, em rotoevaporador, a 40°C, sob vácuo, o resíduo foi dissolvido em 2mL da fase móvel hexano/ isopropanol (93:7), filtrado em membrana durapore (Millex-Millipore), e automaticamente injetado (20µL) no cromatógrafo, como no caso do colesterol (CSALLANY *et al.*,1989), com monitoramento a 233nm. A validação do método foi feita com base na recuperação (n=5) do 7-cetocolesterol (96,62 ± 0,11%) e do 6-cetocolesterol (91,81 ± 1,10%), usado como padrão interno, adicionados à amostra antes da extração lipídica.

### Estabilidade do colesterol durante o cozimento

Três lotes distintos de duas amostras de macarrão, selecionadas por seus baixo e alto teores de colesterol, respectivamente (Tabela 1), foram cozidos em água destilada fervente contendo 2% de NaCl, por 7 e 8 minutos, de acordo com a orientação do fabricante, e analisados no prazo máximo de uma hora após o tratamento térmico.

**Tabela 1 Umidade e lípides totais (g/100g, matéria seca) em macarrão contendo ovos<sup>a</sup>**

Marcas	Umidade	Lípides totais
Renata	8,74 ± 0,56 (6,41)	5,97 ± 0,02 (0,34)
Carrefour	10,42 ± 0,59 (5,66)	5,36 ± 0,43 (8,04)
Petybon	10,32 ± 0,69 (6,69)	5,52 ± 0,39 (7,07)
Adria	7,92 ± 0,04 (0,51)	5,42 ± 0,01 (0,18)
Paty	8,63 ± 0,85 (9,85)	5,63 ± 0,22 (3,91)
Dona Benta	7,23 ± 0,04 (0,55)	5,24 ± 0,20 (3,82)
De Cecco	7,90 ± 0,49 (6,20)	5,74 ± 0,01 (0,17)
Barilla	7,86 ± 0,06 (0,76)	5,20 ± 0,42 (8,08)
Mazzarella	9,57 ± 0,15 (1,57)	5,25 ± 0,07 (1,33)
Cadoro Di Venezi	11,16 ± 0,94 (8,42)	4,87 ± 0,01 (0,21)
Nissin – Miojo	10,62 ± 0,90 (8,47)	5,76 ± 0,21 (3,64)

<sup>a</sup>Média(n=3) ± Desvio-padrão (Coeficiente de variação, %).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### UMIDADE E LÍPIDES TOTAIS

Os teores de umidade (7,23-11,16g/100g) e lípides totais (4,87-5,97g/100g; matéria seca) (Tabela 1) das amostras analisadas variaram muito pouco entre si, principalmente os últimos. Os níveis de lípides encontrados foram maiores que os relatados por ZUNIN *et al.* (1996), 3-4g/100g, e LERCKER e RODRIGUEZ-ESTRADA (2000), 0,8-2,9g/100g.

### COLESTEROL

Níveis de colesterol entre 11,06 a 155,88mg/100g (matéria seca) foram constatados nas amostras de macarrão analisadas (Tabela 2). Em quatro delas os teores eram relativamente elevados, 72,50-155,88mg/100g. Em sete (64%) das onze marcas estudadas a concentração de colesterol estava abaixo do valor declarado pelo fabricante. No caso mais crítico (Nissin-Miojo) apenas 22% do colesterol declarado foi encontrado.

**Tabela 2 Colesterol e 7-cetocolesterol livre em macarrão contendo ovos, em matéria seca**

Marcas	Colesterol (mg/100g)		7-cetocolesterol livre	
	Encontrado*	Declarado**	µg/g de amostra*	µg/g de lípides*
Renata	26,14	45	0,22	94,23
Carrefour	23,94	45	0,24	106,81
Petybon	22,35	45	0,12	54,40
Adria	72,50	50	0,37	157,25
Paty	43,76	45	0,07	30,49
Dona Benta	19,75	45	0,16	71,28
De Cecco	155,88	95	0,36	156,55
Barilla	107,91	100	0,24	105,31
Mazzarella	29,57	45	0,20	87,98
Cadoro Di Venezi	97,36	105	0,24	106,42
Nissin – Miojo	11,06	50	0,23	101,84
M ± DP	55,47 ± 46,78		0,22 ± 0,09	97,51 ± 38,00
CV(%)	84,33		40,11	38,97

M = Média. DP = Desvio-padrão. CV= Coeficiente de variação. \*Resultados em duplicata. \*\* Informação contida no rótulo do produto.

Os elevados níveis indicados, na Tabela 2, não estariam atendendo a tendência atual de consumo de alimentos com baixos teores em colesterol, voltada à preocupação com moléstias cardiovasculares. O macarrão é um alimento de largo consumo por adultos e crianças, sendo importante o conteúdo em colesterol. O consumo brasileiro em 2001 foi de 5,7kg/pessoa/ano (13ª colocação), sendo os principais países consumidores a Itália e Venezuela, com 28 e 12,7kg/pessoa/ano, respectivamente 1º e 2º colocados (U.N.I.P.I., 2002).

O teor de colesterol tem sido utilizado como parâmetro da qualidade do macarrão com ovos. Pelas normas vigentes, o produto deve conter no mínimo 3 ovos ou 0,450g de colesterol/kg (BRASIL, 1978). Pelos resultados da Tabela 2, sete (64%) das onze marcas analisadas não atenderam a essa imposição legal, podendo ser interpretado como fraude. MARSIGLIA *et al.* (1994) detectaram 38,1-66,0mg de colesterol/100g de macarrão contendo ovos, verificando que das nove marcas examinadas quatro (44%) não cumpriam a legislação. BRAGAGNOLO e RODRIGUEZ-AMAYA (1993) chegaram a valores de colesterol em cinco marcas do produto, entre 2 a 24mg/100g, bem abaixo do mínimo permitido pela legislação vigente.

## **7-CETOCOLESTEROL LIVRE**

Foi verificada a ocorrência de 7-cetocolesterol livre entre 0,07 a 0,37µg/g de amostra seca ou 30,49 a 157,25µg/g de lípides (Tabela 2). Esses resultados estão bem acima dos relatados por ZUNIN *et al.* (1996), 6,3 a 57µg /g de lípides, em que 87,5% situaram-se abaixo de 20µg/g de lípides. No presente trabalho, 90,91% dos resultados foram superiores a 50µg/g de lípides. De acordo com ZUNIN *et al.* (1996), a utilização de ovo em pó na fabricação do macarrão pode proporcionar níveis altos de 7-cetocolesterol livre, e baixos pelo o uso de ovo líquido.

A presença de colesterol oxidado verificada no produto examinado não permite avaliação toxicológica conclusiva, a não ser pelo reconhecimento do que poderia estar sendo ingerido em relação apenas ao 7-cetocolesterol livre. Para o consumo brasileiro de macarrão com ovos, contendo 0,22µg de 7-cetocolesterol livre/g (Tabela 2), por meio das 15,83g diárias (5,7kg/pessoa/ano; U.N.I.P.I., 2002), haveria uma ingestão desse óxido de 3,48µg/pessoa/dia. Esta ingestão pode ser representativa se comparada à ocorrência do 7-cetocolesterol no plasma de sujeitos saudáveis - 0,022 a 4,45mg/L -, valores esses reunidos da literatura por LINSEISEN e WOLFRAM (1998b).

Os conhecimentos atuais, no entanto, não permitem ainda reconhecer as quantidades dos OsC presentes em alimentos que possam representar risco ao consumidor. Entre as dificuldades estão o perfil variável dos óxidos quando formados nos diferentes alimentos, e a biodisponibilidade de cada um deles, de difícil avaliação, considerando as diferenças individuais observadas na absorção (LINSEISEN e WOLFRAM, 1998a).

## ESTABILIDADE OXIDATIVA DO COLESTEROL DURANTE O COZIMENTO DO MACARRÃO

Duas marcas de macarrão foram utilizadas na avaliação da estabilidade oxidativa do colesterol em relação ao cozimento. Houve um aumento aparente (não significativo) de 6,7% e 20,2%, respectivamente, nos conteúdos de 7-cetocolesterol livre, das amostras tratadas termicamente (Tabela 3). Esses resultados quando analisados em relação ao teor de colesterol indicaram a mesma formação de 7-cetocolesterol livre, cerca 0,06%, nas duas marcas do produto. Os resultados sugerem estudos adicionais para avaliar a estabilidade do colesterol nas condições indicadas, principalmente quando este último está presente em grandes quantidades, como foi observado em algumas amostras (Tabela 1).

**Tabela 3** 7-cetocolesterol livre em macarrão contendo ovos, não-cozido e cozido

Marcas	7-cetocolesterol livre ( $\mu\text{g/g}$ , matéria seca)		7-cetocolesterol livre ( $\mu\text{g/g}$ de lípides)	
	Não-cozido	Cozido	Não-cozido	Cozido
De Cecco*	0,32 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup> (11,26)	0,35 $\pm$ 0,04 <sup>a</sup> (11,43)	148,72 $\pm$ 15,76 <sup>a</sup> (10,59)	158,67 $\pm$ 7,25 <sup>a</sup> (10,87)
Dona Benta**	0,14 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup> (15,23)	0,18 $\pm$ 0,03 <sup>a</sup> (14,69)	69,06 $\pm$ 6,68 <sup>a</sup> (9,67)	83,02 $\pm$ 11,57 <sup>a</sup> (13,93)

Média (n=3)  $\pm$  Desvio-padrão. (Coeficiente de variação, %). Teores de colesterol: (\*) 155,88mg/100g; (\*\*) 19,75mg/100g. Letras superescritas iguais, nas linhas, indicam diferenças estatísticas não-significativas [p>0,05, ANOVA (Instat 2.01, Graph Pad Software)].

## CONCLUSÕES

O colesterol encontrado em níveis mais baixos que os indicados pela legislação vigente caracteriza fraude nos produtos estudados correspondentes. Os elevados teores verificados, não acompanham a tendência atual de consumo de alimentos contendo níveis mais baixos de colesterol. O 7-cetocolesterol livre encontrado em todas as amostras de macarrão contendo ovos indicou a presença de colesterol oxidado.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS/REFERENCES

- BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can. J. Biochem. Physiol.*, Montreal, v.37, p.911-917, 1959.
- BRAGAGNOLO, N.; RODRIGUES-AMAYA, D.B. Avaliação do teor de colesterol como parâmetro de controle de qualidade para massas com ovos. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, São Paulo, v.53, n.1/2, p.21-26, 1993.
- BRASIL. Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos Resolução nº 12/78. Aprova Normas Técnicas Especiais, do Estado de São Paulo, relativas a alimentos. Corrigidas pelo Comunicado nº 37/80 da Divisão Nacional de Normas de Vigilância Sanitária de Alimentos. *Diário Oficial da União*, 24 jul. 1978. Seção 1, p.11499-577.
- BROWN, O.; JESSUP, W. Oxysterols and atherosclerosis. *Atherosclerosis*, Shannon, v.142, p.1-28, 1999.
- CHEN, B.H.; CHEN, Y.C. Evaluation of the analysis of cholesterol oxides by liquid chromatography. *J. Chromatogr., A*, Amsterdam, v.661, p.127-136, 1994.
- CSALLANY, A.S.; KINDOM, S.E.; ADDIS, P.B.; LEE, J. HPLC method for quantitation of cholesterol and four of its major oxidation products in muscle and liver tissues. *Lipids*, Champaign, v.24, n.7, p.645-651, 1989.
- GUARDIOLA, F.; CODONY, R.; ADDIS, P.B.; RAFECAS, M.; BOATELLA, J. Biological effects of oxysterols: current status. *Food Chem. Toxic.*, Oxford, v.34, n.2, p.193-211, 1996.
- GUARDIOLA, F.; CODONY, R.; MISKIN, D.; RAFECAS, M.; BOATELLA, J. Oxysterol formation in egg powder and relationship with other quality parameters. *J. Agric. Food Chem.*, Columbus, v.43, p.1903-1907, 1995.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. *Normas analíticas do Inst. Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos*. 3.ed., São Paulo, 1985. 533p.
- LERCKER, G.; RODRIGUEZ-ESTRADA, M.T., Cholesterol oxidation: presence of 7-ketocolesterol in different food products. *J. Food Compos. Anal.*, Orlando, v.13, p.625-631, 2000.
- LINSEISEN, J.; WOLFRAM, G. Absorption of cholesterol oxidation products from ordinary foodstuff in humans. *Ann. Nutr. Metab.*, Basel, v.42, p.221-230, 1998a.
- LINSEISEN, J.; WOLFRAM, G. Origin, metabolism, and adverse health effects of cholesterol oxidation products. *Fett/Lipid*, Weinheim, v.100, n.6, p.211-218, 1998b.
- MAERKER, G. Cholesterol autoxidation-current status. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Champaign, v.64, n.3, p.388-392, 1987.
- MAERKER, G.; UNRUH JR, J. Cholesterol oxides I. Isolation and determination of some cholesterol oxidation products. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Champaign, v.63, n.6, p.767-771, 1986.
- MARSIGLIA, D.A.P.; GARBELLOTTI, M.L.; FLORA, C.; ZENEBON, O.; LEONARDO, M.V. Colesterol: modificações da metodologia oficial do Instituto Adolfo Lutz e sua quantificação em massas alimentícias. *Rev. Inst. Adolfo Lutz*, São Paulo, v.54, n.1, p.51-54, 1994.
- MORALES-AIZPURÚA, I.C.; TENUTA-FILHO, A. Oxidation of cholesterol in mayonnaise during storage. *Food Chem.*, Kidlington, v.89, p.611-615, 2005.
- OHTANI, K.; MIYABARA, K.; OKAMOTO, E.; KAMEL, M.; MATSUI-YUASA, I. Citotoxicity of 7-cetocolesterol toward cultured rat hepatocytes and the effect of vitamin E. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, Tokyo, v.60, n.12, p. 989-993, 1996.
- ORMENESE, R.C.S.C.; LEITÃO, R.F.F.; SILVEIRA, N.F.A.; BALDINI, V.L.S. Influência da secagem à alta temperatura nas características das massas com ovos. *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, v.18, n.1, p.7-12, 1998.

- OSADA, K. Cholesterol oxidation products other biological effects. In: : GUARDIOLA, F. DUTTA, P.C., CODONY, R., SAVAGE, G.P. (Eds.) *Cholesterol and phytosterol oxidation products analysis, occurrence, and biological effects*. Champaign: AOCS, 2002. cap.14, p.279-318.
- PENAZZI, G.; CABONI, M. F.; ZUNIN, P.; EVANGELISTI, F.; TISCORNIA, E.; TOSCHI, T.G.; LERCKER, G. Routine high-performance liquid chromatographic determination of free 7-ketocholesterol in some foods by two different analytical methods. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, Champaign, v.72, n.2, p.1523-1527, 1995.
- PENG, S.; HU, B.; MORIN, R.J. Angiotoxicity and atherogenicity of cholesterol oxides. *J. Clin. Lab. Anal.*, New York, v.5, p.144-152, 1991.
- PIE, J.E.; SPAHIS, K.; SEILLAN, C. Evaluation of oxidative degradation of cholesterol in food and food ingredients: identification and quantification of cholesterol oxides. *J. Agric. Food Chem.*, Columbus, v.38, p.973-979, 1990.
- SEVANIAN, A.; PETERSON, A.R. The cytotoxic and mutagenic properties of cholesterol oxidation products. *Food Chem. Toxicol.*, Oxford, v.24, n.10/11, p. 1103-1110, 1986.
- SMITH, L.L., Cholesterol autoxidation 1981-1986. *Chem. and Phys. Lipid*, Shannon, v.44, p.87-125, 1987.
- SMITH, L.L., Mechanisms of formation of oxysterols: a general survey. In: CRASTES DE PAULET, A.; DOUTE-BLAZY, L. PAOLETTI, R. Eds: *Free radicals, lipoproteins, and membrane lipids*, New York: Plenum Press, 1990. p.115-132. (NATO ASI series. Séries A, Life Sci., v.189). (Proceedings of free radicals and active forms of oxygen on lipoproteins and membrane lipids: cellular interactions and atherogenesis, 1988, Bandol, France).
- SMITH, L.L.; JOHNSON, B.H. Biological activities of oxysterols. *Free Radical Biol. Med.*, New York, v.7, p.285-332, 1989.
- TAI, C.Y.; CHEN, Y.C.; CHEN, B.H. Analysis, formation and inhibition of cholesterol oxidation products in foods: An overview (Part I). *J. Food Drug Anal.*, Nankang, v.7, n.4, p.243-257, 1999.
- UNIONE INDUSTRIALI PASTAI ITALIANI. U.N.I.P.I. Disponível em [www.unipi-pasta.it](http://www.unipi-pasta.it), acesso em: economia e impresa, última modificação: 12 dez. 2002.
- ZUNIN, P.; EVANGELISTI, F.; CALCAGNO, C.; TISCORNIA, E. Cholesterol oxidation in dried egg pasta: detecting 7-ketocholesterol content. *Cereal Chem.*, St. Paul, v.73, n.6, p.691-694, 1996.

Recebido para publicação em 25/02/05.  
Aprovado em 02/05/05.