

## کلسترول اکسید شده در شیر و صنایع لبنی

وحیده سالارکریمی<sup>۱</sup>، ناصر سلطانی تهرانی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>کارشناسی صنایع غذایی، دانشگاه زابل، v.salarkarimi<sup>۱</sup>@gmail.com

<sup>۲</sup>عضو هیئت علمی گروه علوم و صنایع غذایی دانشگاه زابل، nasersoltanitehrani@gmail.com

### چکیده:

کلسترول یکی از ملکول های زیستی و از دسته چربی ها است که در غذاهای حیوانی یافت میشود و در حیوان ها پیش ساز اسیدهای صفراوی، ویتامین D<sup>۳</sup>، هورمون های استروئیدی و یک جز کلیدی از غشا سلولی است. به دلیل توانایی بدن در سنتز آن از پیش سازه ای ساده، وجود آن در رژیم غذایی ضروری نیست. کلسترول ممکن است به روش های مختلفی اکسید شود. در طول اکسیداسیون آنزیمی و یا شیمیایی کلسترول، محصولات اکسیداسیون کلسترول (COPs<sup>۱</sup>) شکل میگیرند. منبع اصلی COPها رژیم غذایی و به ویژه غذاهای غنی از کلسترول است. این مواد همچنین ممکن است در طی حرارت دهی، آبگیری، ذخیره سازی و یا تابش تشکیل شوند. این ترکیبات معمولاً انسان را تحت تاثیر متابولیسم منفی کلسترول، عملکردهای غشا سلولی و کاهش ارزش تغذیه ای محصولات لبنی قرار میدهد. اکسیداسیون و تشکیل COPها در شرایط نامطلوبی از قبیل: استفاده از دماهای بالا در مدت زمان طولانی، ذخیره سازی طولانی در دماهای بالا و در نمونه ای از غذاها در حالت کم آبی و یا در فعالیت آبی کم افزایش پیدا میکند. هدف کلی این گزارش بررسی اثرات اکسید کردن کلسترول در شیر و سایر محصولات لبنی و نیز شرایط پیش آمده حاصل از این عمل است.

**واژه های کلیدی:** کلسترول، محصولات اکسیداسیون کلسترول (COP)، اکسیداسیون

### مقدمه:

کلسترول یک چربی غیراشباع با یک پیوند دوگانه بر روی کربن شماره ۵ است و در حضور اکسیژن، نور، گرما، تابش، رادیکال های آزاد، یون های فلزی و دیگر فاکتورها به اکسیداسیون حساس است. COPها یک گروهی از

<sup>۱</sup> cholesterol oxidation products

استرول ها هستند که در ساختار مشابه کلسترول اند اما حاوی یک hydroxy اضافی، ketone یا گروه epoxide بر روی هسته استرول و یا یک گروه hydroxyl بر روی زنجیره جانبی ملکول های خود هستند. محصولات حیوانی یک غذای پیچیده هستند که از ترکیبات تغذیه ای بسیار زیادی بهره منداند و منشا اصلی کلسترول در رژیم غذایی محسوب میشوند. هیدروپراکسیدهای اسیدهای چرب غیراشباع که در طول اکسیداسیون چربی تشکیل میشوند، ممکن است برای شروع اکسیداسیون کلسترول لازم باشند. مطالعات زیادی نشان داده که میزان COP ها در غذاها اغلب میتواند به ۱٪ از کل کلسترول و در برخی از موارد به ۱۰٪ یا بیشتر برسد (Addis, ۱۹۸۶)(۱).

در حال حاضر بیش از ۸۰ نوع COP مختلف گزارش شده است. COPها اثرات بیولوژیکی زیادی دارند. آنها نه تنها آتروژنیک هستند، (Peng, Hu, & Morin, ۱۹۹۱a; Imai et al., ۱۹۸۰; Peng, Sevanian, & Morin, ۱۹۹۱a) بلکه سمی، (Peng, Sevanian, & Morin, ۱۹۸۶; Sevanian & Peterson, ۱۹۹۱b) جهش زا (Sevanian & Peterson, ۱۹۸۶) و سرطان زا اند (Peng, Sevanian, & Morin, ۱۹۹۱b) و نیز مانع بیوسنتز کلسترول میشوند (Peng, Hu, & Morin, ۱۹۹۱a). از نظر سم شناسی باید از مصرف COPها توسط انسان اجتناب گردد (۲). COPهای شناخته شده بیشترین آسیب سلول های شریانی را نسبت به کلسترول خالص و بیشترین ارتباط مستقیم را با پیشرفت بیماری های قلبی کرونر و تصلب شریان دارند (Addis, ۱۹۸۶). COP ها مقبولیت زیستی کلسترول را به وسیله مهار بیوسنتز کلسترول (Lund & Bjorkhem, ۱۹۹۴) و جذب کلسیم رژیم غذایی (Peng, Hu, & Morin, ۱۹۹۱a, ۱۹۹۱b) خراب میکنند. همچنین COPها عملکرد غشا را مختل کرده که در نتیجه ن فودپذیری غشایی تغییر پیدا میکند (۱). COPها ممکن است در طی حرارت دهی، آبگیری، ذخیره سازی و تابش ت تشکیل شوند. تشکیل آنها نیاز به حضور چندین واکنش گروه های اکسیژن، اسیدهای چرب غیر اشباع، کلسترول، فلزات واسطه و در موارد نادر آنزیم ها دارد. (Rose-Sallin, Sieber, ۱۹۹۶) (Bosset, & Tabacchi, ۱۹۹۶)(۲). این گزارش حضور COPها را در شیر و سایر محصولات لبنی و نیز اثرات حاصل از آنها را مورد بررسی قرار میدهد.

### COP ها در شیر و سایر محصولات لبنی تازه:

شیر حاوی حدود ۱۲mg کلسترول در هر ۱۰۰g یا ۳mg در هر g چربی شیر است و محتوای آن به چند عامل بستگی دارد (Walte, ۱۹۹۴). احتمال تشکیل COPها در شیر تازه و محصولات لبنی تازه خیلی کم است، زیرا محیط مایع است و محتوای اکسیژن آن کم است. علاوه بر این شیر دارای سطح پایینی از اسیدهای چرب اشباع نشده و عناصر ناچیز پرواکسیدان از قبیل آهن و مس است. تعیین کلسترول اکسید شده در شیر و محصولات لبنی تازه موضوع چندین تحقیق بوده است (جدول ۱).

Bican (۱۹۸۴) در شیر خام با استفاده از TLC و HPLC هیچ COP را تشخیص نداد. بعدها Cleaveland و Harris (۱۹۸۷) نیز این نتایج را در شیر خام با استفاده از TLC تایید کردند. با این حال Sander, Smith (۱۹۸۸) و Addis (۱۹۸۸) ۹mg، epoxycholesterol  $\alpha$  و ۱mg/kg  $\beta$ -epoxycholesterol را در شیر مورد استفاده برای تولید پنیر تشخیص دادند. در شیرانسان میزان ۷-ketocholesterol در عصاره چربی حدود ۰.۵mg/kg مشخص شد. (Scopesi et al., ۲۰۰۲). شیر و سایر محصولات لبنی مایع به جز ماست وانیلی حاوی میزان کم و یا بدون COP هستند (Sander, Addis, Park, & Smith, ۱۹۸۹a)(۲).

Table 1  
COP levels in fresh milk and dairy products (mg kg<sup>-1</sup> fresh product)

Product	N	7 $\alpha$	7 $\beta$	$\alpha$ -ep	$\beta$ -ep	7-k	20-OH	25-OH	Triol	Ref.
Milk raw	1	nd	nd	nd		nd		nd	nd	1
Milk evaporated	1	nd	nd	nd	nd	nd		nd	nd	2
Vanilla yogurt	1	2	1	2	3	4		nd	1	2
Vanilla ice cream	1	nd	nd	6	1	nd		nd	nd	2
Sour cream	1	nd	nd	3	nd	nd		nd	nd	2
Milkfat	1	nd	7	nd	nd	nd		nd	nd	2
Cream	3	nd	nd		nd	nd	nd	nd	nd	3
Cream buffalo	3	nd	nd		nd	nd	nd	nd	nd	3
Butter	1	nd	nd			nd		2.6		4
Butter	1	nd	nd	nd		<0.2		<0.2	nd	5
Butter	3	nd	nd	nd	nd	tr		nd	nd	6
Butter	1		2	7						2
Butter	3	nd	<1.0		<1.0	nd	nd	nd	nd	3
Butter <sup>1</sup>	2	0.40	0.26	0.34	0.19	nq			0.23	7
Butter buffalo	3	nd	<1.0		<1.0	nd	nd	nd	nd	3
Ghee	14	73±37	67±28		tr		61±40	58±23		8
Ghee	6	71						295 <sup>a</sup>		9
Ghee	3		0.92±0.21		7.2±0.27	2.4±0.22	6.6±0.08	3.2±0.03	nd	10
Ghee cow	3	2.1±1.2	4.2±1.8		5.6±1.8	3.1±0.2	nd	nd	nd	11
Ghee buffalo	3	3.6±0.8	5.9±1.0		4.6±0.9	4.1±0.9	2.7±1.0	nd	nd	11
Dairy spread	2	0.33	0.20	0.22	0.16	1.68		nd	0	7
Cheese spread	3	nd	12/3/nd	3/nd	nd	nd		nd	nd	2
Cheese spread <sup>1</sup>	3	0.59±0.02	0.75±0.01	0.68±0.04	0.81±0.03	0.48±0.03		0.51±0.02	nd	12
Cottage cheese	1	nd	nd	nd	nd	nd		nd	nd	2
Cream cheese	1	nd	nd	9	nd	3		nd	nd	2
Parmesan <sup>1</sup>	3	1.16±0.05	1.31±0.04	0.93±0.08	0.71±0.21	1.22±0.01	2.8±0.27	0.57±0.05	nd	12
Blue cheese	1	<0.1	0.2		0.1			nd	nd	13
Parmesan grated	3	0.53	0.6		0.6			nd	nd	13
Grana type grated <sup>1</sup>	5					0.8-4.3				14
Raclette	1	<0.1	<0.1	nd		0.1±0.01		nd	nd	5
Processed cheese	1	<0.1	<0.1	nd		0.1±0.0		nd	nd	5
Processed cheese	4	nd	nd	nd		nd		nd	nd	5
Condensed milk	1	0.3	0.3		0.2			nd	nd	13
Butter oil	1	nd	nd	nd		<0.20		<0.20	nd	5
Butter oil	3	0.27	0.67		0.15			tr	tr	13
Butter oil	1	10.8	nd	nd		7.3		nd	0.5	15

Abbreviations: 7 $\alpha$  = 7 $\alpha$ -hydroxycholesterol; 7 $\beta$  = 7 $\beta$ -hydroxycholesterol;  $\alpha$ -ep =  $\alpha$ -epoxycholesterol;  $\beta$ -ep =  $\beta$ -epoxycholesterol; 7-k = 7-ketocholesterol; 20-OH = 20-hydroxycholesterol; 25-OH = 25-hydroxycholesterol; Triol = cholestanetriol

N = number of samples; nd = not detected; nq = not quantified or not quantifiable; tr = trace

References: (1) Cleveland and Harris (1987); (2) Sander et al. (1989a); (3) Kumar and Singhal (1992); (4) Csiky (1982); (5) Rose-Sallin et al. (1997); (6) Pie et al. (1990); (7) Nielsen et al. (1996a); (8) Jacobson (1987); (9) Sen et al. (1994); (10) Kumar et al. (1999); (11) Kumar and Singhal (1992); (12) Schmarr et al. (1996); (13) Fischer et al. (1985); (14) Lercker and Rodriguez-Estrada (2000); (15) Angulo et al. (1997)

<sup>1</sup>mg kg<sup>-1</sup> lipid

<sup>a</sup>Cholesta-3,5-dien-7-one

## COP ها در محصولات لبنی حرارت دیده:

شیر حرارت دیده تحت شرایط دمایی و زمانی متفاوت از پاستوریزاسیون تا عملیات UHT، نشان دهنده هیچ COP نبود (Cleveland & Harris, ۱۹۸۷; Bican, ۱۹۸۴) بی تنها تشکیل کمی COP را نشان داد.

Sander و همکارانش (۱۹۸۹a)، ۷ mg/kg  $\alpha$ -epoxycholesterol در یکی از دو نمونه تجاری شیر کامل پیدا کردند. در حالی که در نمونه دوم هیچ COP قابل تشخیصی وجود نداشت. پنیر راسلت که برای مدت ۵ دقیقه در ۱۳۴ درجه سانتی گراد حرارت دید، حاوی میزان قابل تشخیصی از ۷-ketocholesterol بود. و ۷-ketocholesterol و

همچنین  $\gamma\alpha$  و  $\gamma\beta$ -hydroxycholesterol نیز در یک پنیر تحت اشعه مادون قرمز برای مدت ۴.۵ دقیقه پیدا شد. با این حال در محصولات تحت عملیات های شدید حرارتی تنها میزان کمی COP پیدا میشود (Rose-Sallin et al., ۱۹۹۷)(۲).

### COP هادر شیر و محصولات لبنی خشک:

پودرهای مختلف ( شیر کم چرب، شیر کامل، کازئین، لاکتالبومین، شیر خشک نوزاد، پنیر، خامه ترش، کره ) از نظر محتوای COP تجزیه و تحلیل شد. هیچ COP در پودر شیر پر چرب (کامل) تازه (Chan et al., ۱۹۹۳) و در شیر پر چرب غلظتی خشک شده (یک نمونه)، شیر پر چرب خشک شده پاششی (یک نمونه) و پودرهای شیر کم چرب (دو نمونه) تشخیص داده نشد. (Nourooz-Zadeh & Appelqvist, ۱۹۸۸). این چهار نمونه سوئدی تحت عنوان پودرهای حرارت کم یا متوسط دسته بندی میشوند. از سوی دیگر پودرهای حرارت بالا تهیه شده از شیر کامل (پرچرب) یا شیر کم چرب حاوی میزان قابل اندازه گیری از COP (۲.۸ و ۷.۶ mg/kg COP کل در چربی) بودند. نمونه های پودری شیر کم چرب و پر چرب خشک شده پاششی بدست آمده از نیوزیلند میزان مشابهی از COP داشتند (Nourooz-Zadeh & Appelqvist, ۱۹۸۸). McCluskey و همکارانش (۱۹۹۷) و McCluskey (۱۹۹۷)، این نتایج را تایید کردند. آنها دریافتند سطوح COP در حرارت بالا به طور قابل توجهی بالاتر از پودرهای شیر کم حرارت است. پودرهای شیر تازه گاوهای گله های تکمیل شده یا محدود شده تفاوتی در سطح COP خود ندارند (McCluskey, ۱۹۹۷; McCluskey et al., ۱۹۹۷). سطح های ۵.۸۵ و ۷.۴۸ mg/kg عصاره چربی از کل COP ها، در پودرهای شیر لهستان ی و فرمولاسیون شیر تازه کودک یافت شد (Przygonski, Jelen, ۲۰۰۰ & Wasowicz). نمونه پنجم پودر شیر تجزیه و تحلیل شده به وسیله HPLC حاوی ۰.۶ mg/kg -۷ ketocholesterol بود (Gallina Toschi et al., ۱۹۹۴). ترکیبات سطحی پودر اهمیت عمده ای بر روی اکسیداسیون کلسترول دارند. یک پودر مشابه شیر با نقطه ذوب بالا به عنوان یک فاز روغنی نشان دهنده ارزش COP پایین برای یک دوره ۶ ماهه بود. یک پودر با امولسیون فنی خشک بیشترین میزان COP را داشت. در حالی که پودری که ترئولین مایع را به عنوان فاز روغنی داشت، در این بین میزان COP ها برای دو فاز روغنی دیگر مطرح شد. این پدیده را میتوان به وسیله فعالیت فاز روغنی مایع به عنوان یک مانع برای نفوذ اکسیژن و در برخی از موارد میزان حفاظت از کلسترول در برابر اکسیداسیون توضیح داد (Granelli, Faldt, Appelqvist, & Bergenstahl ۱۹۹۶)(۲).

### COP ها در محصولات لبنی پس از قرار گرفتن در معرض نور:

در غذاهای حاوی روغن یا عصاره چربی تحت نور، واکنش های اکسیداسیون تسریع پیدا میکنند. در حضور ریبوفلاوین و استرهای متیل اسید چرب، کلسترول میتواند به وسیله فتواکسیداسیون به COP های مختلف تبدیل شود. (Chien, Lu, Hu, & Chen, ۲۰۰۳; Hu & Chen, ۲۰۰۲).

کلسترول در کره در اثر قرار گرفتن در معرض نور فلوروسانت (شدت نور تقریباً ۱۵۰۰ lux) (Luby et al., ۱۹۸۶a) به شدت به وسیله نور روز اکسید میشود (Luby et al., ۱۹۸۶b). پس از عملیات ۲۰ روزه با نور فلوروسانت حداقل ۵ مولفه مانند کلسترول در صفحه TLC قابل مشاهده بودند.  $\gamma\alpha$  و  $\gamma\beta$  Hydroxycholesterol به طور آزمایشی به

عنوان COPها شناسایی شدند. (جدول ۲) بیشترین غلظت COP ها در سطحی از سرتاسر توده کره دست نخورده بود که بر اثرات القا شده نور تاکید داشت (Luby et al., ۱۹۸۶b). استفاده از فویل آلومینیوم به عنوان یک مانع نور و گاز برای جلوگیری از اکسیداسیون کلسترول ناشی از نور در کره مهم است. مواد بسته بندی های کاغذی نمیتوانند به اندازه کافی از این پدیده جلوگیری کنند (Luby et al., ۱۹۸۶a). سه نوع کره (کره حاصل از خامه ترش که برای مدت ۶ ماه فریزر شده- کره حاصل از خامه شیرین- کره حاصل از خامه ترش تازه) برای مدت ۶ ماه در شرایط دمایی و نوری مختلفی ذخیره شدند. پس از ۲۳ روز قرار گرفتن مداوم در معرض نور روز یا نور مخصوص مواد غذایی سطوح COPها در تمامی نمونه ها تقریباً ثابت باقی ماند. پس از ۶ هفته در دمای اتاق به همین نحو سطوح بالای COP برای دو نمونه قرار گرفته در معرض نور پیدا شد. با این حال در دمای یخچال و فریزر، نور مخصوص مواد غذایی، به طور قابل توجهی در مقایسه با نور روشنایی روز، تشکیل COPها را سرعت بخشید. چهار روز قرار گرفتن در معرض نور UV در دمای اتاق، منجر به میزان قابل تشخیصی از COPها شد (Hiesberger&Luf, ۲۰۰۰)(۲).

### اهمیت COP ها برای تغذیه انسان:

تاثیر مصرف COP بر روی سلامت انسان در تعدادی از مطالعات بررسی شده است. بر طبق نظر Bovenkamp و همکارانش (۱۹۸۸) در هلند، رژیم غذایی مخلوط (خام یا پخته / سرخ / کبابی یا به همراه حالت دوم میوه های اضافی و سبزیجات) حاوی ۳.۶، ۴.۲ و ۶.۲ mg/kg COP کل هستند(۲).

Table ۲

COP levels in dairy products after exposure to light (mg kg<sup>-1</sup> fresh product)

Product	Conditions	N	7α	7β	α-ep	β-ep	7-k	25-OH	Triol	Ref.
Butter	1500 lx, 8 d		present	present						1
Cheese	control, 6 °C, 63 d	2	0.11±0.0	0.17±0.01	nd		0.29±0.02	nd	nd	2
Cheese	5600 lx, 6 °C, 63 d	2	0.36±0.03	0.47±0.05	<0.10		1.12±0.05	<0.10	nd	2
Sliced yellow ch. <sup>a</sup>	0 d		1.2	0.9	nd	nd	5.5	nd	nd	2
	fl.l, 4 °C, 55 d		1.0	1.2	0.1	0.2	5.8	nd	nd	2
Grated yellow ch. <sup>a</sup>	0 d		0.4	0.4	0.3	0.4	3.5	nd	nd	2
	fl.l, 4 °C, 72 d		11	5.1	0.8	1.4	17	nd	nd	2
Feta <sup>a</sup>	0 d		0.8	1.2	nd	nd	5.5	nd	nd	2
	fl.l, 4 °C, 30 d		4.0	3.8	8.2	9.7	220	nd	nd	2
Cheddar	fl.l, 12 w	1	nd	4	9	2	4	nd	nd	3
Cheese fondue <sup>b</sup>	control, 6 °C, 63 d	2	<0.10	<0.10	nd		0.11±0.01	nd	nd	4
Cheese fondue <sup>b</sup>	5600 lx, 6 °C, 63 d	2	23.0±0.3	23.1±0.1	3.2±0.1		27.3±0.4	1.5±0.2	0.24±0.04	4
Cheese fondue	5600 lx, 6 °C, 113 d	2	nd	nd	nd		<0.10	nd	nd	4
Nabulsi	light protected, r.t. 0/3/6/9 mo	1					1.2/1.1/1.8/2.3			5
Nabulsi	transparent, r.t. 0/3/6/9 mo	1					1.2/1.2/2.9/5.2			5
Nabulsi	fluorescent + day, r.t. 0/1/2/3 wk						1.4/3.1/5.6/8.8			5
Nabulsi commercial	light exposed	8					8.3±0.3			5

Abbreviations: see Table 1, lx=lux (light intensity), r.t.=room temperature; fl.l.=fluorescent light.

References: (1) Luby et al. (1986b); (2) Nielsen et al. (1995); (3) Sander et al. (1989b); (4) Rose-Sallin et al. (1997); (5) Al-Ismail and Humied (2003).

<sup>a</sup>mg kg<sup>-1</sup> lipid.

<sup>b</sup>In smooth slices.

با جذب مواد غذایی روزانه به مقدار متوسط ۵۰۰ g، به طور میانگین مصرف کننده میتواند بیش از ۱ mg- از ۷b- hydroxy و ۰.۵mg از هر دوی α-epoxy و ۷-ketocholesterol مصرف کند. Emanuel, Hassel, Addis, Bergmann و Zavoral (۱۹۹۱) نشان دادند که انسان ها اکسی کلسترول ها را از غذای خود جذب میکنند. در شرایط آزمایشگاهی حضور مس یا لیپواکسیژناز تشکیل اکسی کلسترول را در LDL افزایش میدهد. (Dzeletovic)

۱۹۹۵). Babiker, Lund, & Diczfalusy. این مسئله می‌تواند با این واقعیت توضیح داده شود که به غیر از منشا غذایی، COPها همچنین می‌توانند در بدن انسان به صورت درونی تشکیل شوند. بنابراین تغذیه با یک رژیم غذایی غنی از آهن و اسیدهای چرب غیر اشباع، تشکیل COPها را در کبد موش صحرایی بالغ افزایش می‌دهد. (Brandsch, Ringseis, & Eder, ۲۰۰۲). در اینجا باید یک تفاوتی بین مسیرهای آنزیمی و غیر آنزیمی در نظر گرفته شود. در مورد اول آنزیم‌های کلسترول  $\alpha$ -hydroxylase،  $\beta$ -hydroxylase،  $\gamma$ -ketone dehydrogenase و  $\alpha$ -ketone epoxidase در تشکیل COPها نقش دارند. و در مورد دوم کلسترول ممکن است به وسیله اتواکسیداسیون تبدیل به COPها شود (حمله توسط واکنش گونه‌های اکسیژن، رادیکال‌های peroxy و alkoxy حاصل از پرواکسیداسیون چربی و گلبول‌های سفید و سیستم  $H_2O_2/HOCl$  (Leonarduzzi, Sottero & Poli, ۱۹۹۹; Brown & Jessup, ۱۹۹۸a; Linseisen & Wolfram, ۲۰۰۲). COPها همچنین می‌توانند نقش‌های مختلفی در انسان‌ها داشته باشند. آنها واسطه‌های اجباری در سنتز اسیدهای صفر هستند و ممکن است به عنوان حامل شکل‌های کلسترول در نظر گرفته شوند (Bjorkhem, Meaney, & Diczfalusy, ۲۰۰۲). بروز COPها در انسان این سوال را افزایش می‌دهد که بین COPها و تصلب شریانی می‌تواند ارتباط برقرار شود. اما این نقش هنوز مورد بحث است. (Brown & Jessup, ۲۰۰۰; Schroeffer, ۲۰۰۲; Carpenter, ۲۰۰۲; Bjorkhem, & Diczfalusy, ۱۹۹۹).

Staprans, Pan, Rapp, Grunfeld و Feingold (۲۰۰۰) نشان دادند که در موش‌های صحرایی دچار کمبود ApoE ضایعه ناحیه آئورت پس از تغذیه COPها افزایش پیدا می‌کند. در حالی که Ando, Tomoyori، و Imaizumi (۲۰۰۰) شواهدی را در برخی از مدل‌های حیوانی ارائه دادند و Sandner, Dahme, Liebich و Giesecke (۱۹۹۰) گفتند که خوکی که رژیم غذایی آن COPها هستند، غیر آدرژنیک است. اگرچه برطبق نظر Brown and Jessup (۱۹۹۹)، مطالعات بیشتری به منظور تعیین نقش قطعی COPها در بیماری‌های ضایعات شریانی نیاز است، به نظر می‌رسد که نگه داشتن سطح COPها در مواد غذایی در حداقل ممکن منطقی باشد (۲).

### نتیجه‌گیری:

بر اساس مطالعات صورت گرفته بر روی کلسترول و محصولات حاصل از اکسیداسیون آن (COPs)، در شیر و محصولات لبنی تازه احتمال تشکیل COPها وجود ندارد یا پایین است. همچنین عملیات حرارتی در دمای پایین تنها باعث تولید میزان کمی از COPها می‌شود. شرایط نامطلوبی همچون استفاده از دمای بالای فرایند برای یک مدت طولانی یا ذخیره‌سازی طولانی در دمای بالا می‌تواند تشکیل COPها را افزایش دهد. بنابراین می‌توان با استفاده از حداقل فرایندها در دمای پایین، بسته‌بندی‌های مقاوم به اکسیژن، اتمسفر حفاظت شده و همچنین ذخیره‌سازی بدون حضور نور، احتمال تشکیل COPها را به حداقل ممکن برساند و بدین ترتیب از اثرات نامطلوب آنها جلوگیری کرد.

### مراجع:

- [۱] Hur S, Park G, Joo S. Formation of cholesterol oxidation products (COPs) in animal products. Food control. ۲۰۰۷; ۱۸(۸):۹۳۹-۴۷.  
 [۲] Sieber R. Oxidised cholesterol in milk and dairy products. International dairy journal. ۲۰۰۵; ۱۵(۳):۱۹۱-۲۰۶.

