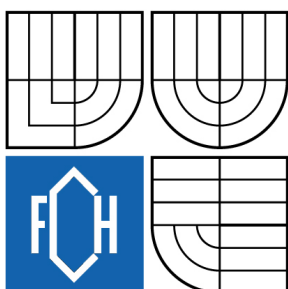




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ

ÚSTAV CHEMIE POTRAVIN A BIOTECHNOLOGIÍ

FACULTY OF CHEMISTRY

INSTITUTE OF FOOD SCIENCE AND BIOTECHNOLOGY

## POZITIVNÍ ÚČINKY KONJUGOVANÉ LINOLOVÉ KYSELINY NA LIDSKÉ ZDRAVÍ

POSITIVE EFFECTS OF CONJUGATED LINOLEIC ACID ON HUMAN HEALTH

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

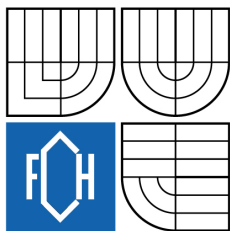
DANIELA BAŠTOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. EVA VÍTOVÁ, Ph.D.

BRNO 2009



Vysoké učení technické v Brně  
**Fakulta chemická**  
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

## Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce: **FCH-BAK0338/2008** Akademický rok: **2008/2009**  
Ústav: Ústav chemie potravin a biotechnologií  
Student(ka): **Daniela Baštová**  
Studijní program: Chemie a technologie potravin (B2901)  
Studijní obor: Potravinářská chemie (2901R021)  
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Eva Vítová, Ph.D.**  
Konzultanti bakalářské práce:

### Název bakalářské práce:

Pozitivní účinky konjugované linolové kyseliny na lidské zdraví

### Zadání bakalářské práce:

Zpracování literární rešerše zaměřené na:

- vznik a výskyt konjugované linolové kyseliny (CLA) v živočišných materiálech
- biologické účinky CLA v lidském organismu
- možné praktické využití

Možnosti stanovení CLA v potravinách.

### Termín odevzdání bakalářské práce: 29.5.2009

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

-----  
Daniela Baštová  
Student(ka)

-----  
Ing. Eva Vítová, Ph.D.  
Vedoucí práce

-----  
doc. Ing. Jiřina Omelková, CSc.  
Ředitel ústavu

V Brně, dne 1.12.2008

-----  
doc. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.  
Děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá charakteristikou mastných kyselin, jejich strukturou, názvoslovím, vlastnostmi, reakcemi a stanovením. Dále se věnuje historii, zdrojům, účinkům na lidské zdraví a správnému poměru omega-mastných kyselin v organismu. Hlavní problematikou této práce je konjugovaná kyselina linolová, která je známá svými nespočetnými pozitivními účinky, mezi které lze zařadit snížení hmotnosti a hladiny cholesterolu, protirakovinový účinek, prevence osteoporózy a arteriosklerózy atd. Práce je zaměřena na její vlastnosti, strukturu, výskyt v potravinách, chemickou výrobu a širokou škálu preparátů dostupných na trhu. V neposlední řadě se zabývá možnostmi jejího stanovení, mezi které patří plynová chromatografie, vysokoučinná kapalinová chromatografie, plynová chromatografie–hmotnostní spektrometrie, NMR spektroskopie a kombinované metody.

## ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the characteristics of the fatty acids, their structure, nomenclature, properties, reactions and analysis. It is also dedicated to the history, sources, effects on human health and the correct ratio of omega-fatty acids in the body. The main issue of this work is conjugated linoleic acid, which is known to its countless positive effects, which can include weight loss and lower level of cholesterol, anticarcinogenic effects, prevention of osteoporosis and arteriosclerosis, etc. The work is focused on its characteristics, structure, occurrence in food, chemical production and a wider range of preparations available on the market. Last but not least, deals with the possibilities of its determinations, including gas chromatography, high performance liquid chromatography, gas chromatography-mass spectrometry, NMR spectroscopy, and combined methods.

## KLÍČOVÁ SLOVA

konjugovaná linolová kyselina (CLA), chromatografie, zdraví, výživa

## KEYWORDS

conjugated linoleic acid (CLA), chromatography, health, nutrition

BAŠTOVÁ, D. *Pozitivní účinky konjugované linolové kyseliny na lidské zdraví*. Brno: Vysoká škola technická v Brně, Fakulta chemická, 2009. 46s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Eva Vítová, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCHVUT.

.....  
podpis studenta

### *Poděkování:*

Chtěla bych tímto poděkovat vedoucí své bakalářské práce paní Ing. Evě Vítové, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultace k problematice v oblasti mastných kyselin a konjugované kyseliny linolové.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>7</b>
<b>2</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>8</b>
2.1	KARBOXYLOVÉ KYSELINY .....	8
2.1.1	<i>Acylglyceroly</i> .....	8
2.2	MASTNÉ KYSELINY .....	9
2.2.1	<i>Struktura a názvosloví</i> .....	9
2.2.1.1	Nasycené mastné kyseliny .....	10
2.2.1.2	Nenasycené mastné kyseliny s jednoduchou vazbou .....	11
2.2.1.3	Nenasycené mastné kyseliny s dvěma vazbami .....	11
2.2.1.4	Nenasycené mastné kyseliny s více vazbami .....	12
2.2.2	<i>Vlastnosti mastných kyselin</i> .....	12
2.2.2.1	Teplota tání .....	12
2.2.2.2	Skupenství .....	13
2.2.2.3	Rozpustnost .....	13
2.2.3	<i>Reakce mastných kyselin</i> .....	13
2.2.3.1	Esterifikace a cyklizace .....	13
2.2.3.2	Hydrogenační reakce .....	13
2.2.3.3	Isomerace .....	14
2.2.3.4	Oxidace .....	14
2.2.4	<i>Stanovení mastných kyselin</i> .....	14
2.3	ESENCIÁLNÍ MASTNÉ KYSELINY .....	15
2.3.1	<i>Metabolismus esenciálních mastných kyselin</i> .....	15
2.4	OMEGA-MASTNÉ KYSELINY .....	16
2.4.1	<i>Historie</i> .....	17
2.4.2	<i>Omega-3 mastné kyseliny</i> .....	18
2.4.2.1	Nedostatek omega-3 MK .....	18
2.4.2.2	Pozitivní účinky omega-3 MK na lidské zdraví .....	18
2.4.2.3	Výskyt omega-3 MK v potravinách .....	19
2.4.2.4	Rostlinné zdroje omega-3 MK .....	19
2.4.2.5	Živočišné zdroje omega-3 MK .....	20
2.4.2.6	Správný výběr živočišných produktů .....	20
2.4.3	<i>Omega-6 mastné kyseliny</i> .....	20
2.4.3.1	Nadbytek omega-6 MK .....	21
2.4.3.2	Negativní účinky omega-6 MK na lidské zdraví .....	21
2.4.3.3	Pozitivní účinky omega-6 MK na lidské zdraví .....	21
2.4.3.4	Výskyt omega-6 MK v potravinách .....	21
2.4.4	<i>Správný poměr omega-6 a omega-3</i> .....	22
2.4.5	<i>Prostaglandiny</i> .....	23
2.4.6	<i>Trans-mastné kyseliny</i> .....	23
2.4.7	<i>Omega-9 mastné kyseliny</i> .....	24
2.5	KONJUGOVANÉ KYSELINYLINOLEOVÁ (CLA) .....	24
2.5.1	<i>Objevení CLA</i> .....	24
2.5.2	<i>Názvosloví a struktura CLA</i> .....	25
2.5.3	<i>Vlastnosti CLA</i> .....	26

2.5.4	Výskyt CLA v potravinách.....	26
2.5.4.1	Mléčný tuk.....	26
2.5.4.2	Masopěžvýkavců.....	27
2.5.5	Snížení CLA v mase.....	28
2.5.6	Obohacení některých potravin CLA.....	28
2.5.7	Chemická výroba CLA.....	28
2.5.8	Pozitivní účinky CLA na lidské zdraví.....	29
2.5.8.1	Snížení hmotnosti.....	29
2.5.8.2	Dlouhověkost.....	30
2.5.8.3	Protirakovinový účinek.....	30
2.5.8.4	Snížení hladiny cholesterolu a prevence arteriosklerózy.....	31
2.5.8.5	Prevence osteoporózy.....	31
2.5.8.6	Posílení imunitního systému.....	31
2.5.8.7	Další pozitivní účinky.....	32
2.5.9	Stanovení CLA v potravinách.....	32
2.5.9.1	Plynová chromatografie.....	32
2.5.9.2	Vysokoučinná kapalinová chromatografie.....	33
2.5.9.3	Plynová chromatografie–hmotnostní spektrometrie ..	33
2.5.9.4	NMR spektroskopie.....	34
2.5.9.5	Kombinované metody.....	34
2.5.10	Preparáty CLA dostupné na trhu.....	34
2.5.10.1	Bioaktivní C.L.A. Booster.....	35
2.5.10.2	CLA–1000.....	35
2.5.10.3	CLA Powder.....	36
2.5.10.4	SuperCLA.....	36
2.5.10.5	C.L.A. 1300 Fit Active.....	37
2.5.10.6	Aminostar CLA.....	37
2.5.10.7	Promax dietní účinky.....	38
2.5.10.8	Další preparáty CLA.....	38
2.5.11	Přírodní CLA versus pilulky.....	39
<b>3</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>40</b>
<b>4</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATK A SYMBOLŮ.....</b>	<b>45</b>
<b>6</b>	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>46</b>

# 1 ÚVOD

Zhlediska dnešních poznatků je neuvěřitelné, že odborníci tak dlouho podceňovali významnou úlohu omega-tuků pro zdravý život. Z epidemie obezity, cukrovky a dalších civilizačních chorob, způsobených špatnou stravou a nedostatkem pohybu, se obviňovaly všechny tuky[4].

Nedorozumění ohledně jedlých tuků nastalo asi před šedesáti lety, kdy došlo v medicíně k velké chybě. Experti se tehdy usnesli na tom, že americká veřejnost potřebuje jakousi „transfuzi“ v podobě polynenasycených tuků, která by zastavila rostoucí epidemii infarktů. Zásadní chybou bylo opomenutí omega-3 esenciálních mastných kyselin. Americká strava již tehdy neobsahovala dostatečné množství tzv. dobrých tuků a při jejich dalším snížení ve stravě a nahrazení jinými polynenasycenými tuky se tento nedostatek dostal k nebezpečné hranici.

Mnoho vážných onemocnění může být vyléčeno, nebo se jim ještě lépe můžeme vyvarovat, pokud tyto tuky zařadíme na správné místo v našem jídelníčku. I při jen nepatrných změnách ve svém způsobu stravování, budeme moci brzy pozorovat výrazné zlepšení svého zdravotního stavu[8].

Téměř každý měsíc se objevují nové informace o prospěšnosti omega-tuků. V desítkách studií a článků založených na praktických zkušenostech selze dozvědět o stále větším počtu nemocí, u kterých omega-tuky prokazují svůj léčebný účinek[4].

Ozdraví nemocí rozhoduje naše strava a to především její kvalita. Z potravy si v našem těle získáme buď energii nebo potřebné látky pro svou činnost a regeneraci. Naš zdravotní stav ovlivňuje volba životně důležitých tuků. Znalost správných tuků a zvýšení jejich příjmu současně s omezením nezdravých tuků podpoří zdraví, dlouhověkost a ideální váhu[4].

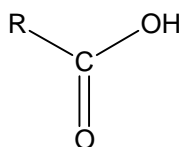
Konjugovaná kyselina linolová (CLA) přitahuje odborníky na výživu, protože jako přírodní tuková složka má velké množství zdravích prospěšných vlastností. Běžným přírodním isomerem je *cis*-9, *trans*-11 oktadekadienová kyselina, nacházející se v mléce a mléčných výrobcích, kde vzniká jako vedlejší produkt nebo meziprodukt v mikrobiální biohydrogenaci linolové kyseliny v bacheru. Syntetické CLA isomery byly vyrobeny jako zdravé potravní doplňky. Přírodní konjugované mastné kyseliny (MK) jsou získávány z rostlinných zdrojů, jejichž terapeutické vlastnosti byly dosud zkoumány[12].

Tato práce si klade za cíl zpracovat literární přehled zaměřený na esenciální MK, především CLA, její biologické účinky a v neposlední řadě možnosti jejího stanovení v potravinách, příp. jiných matricích.

## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 Karboxylové kyseliny

Karboxylové kyseliny obsahují jednovaznou karboxylovou skupinu, odvozenou spojením skupiny karbonylové se skupinou hydroxylovou, a uhlíkový zbytek nebo vodík značený písmenem R (Obrázek 1).



Obrázek 1: Obecný vzorec karboxylové kyseliny [1]

Jako jednosytné karboxylové kyseliny se označují kyseliny jen s jednou karboxylovou skupinou, jako vícesytné (dvojsytné, trojsytné atd.) se pojmenovávají kyseliny s více karboxylovými skupinami. O nasycených kyselinách můžeme říci, pokud je ke karboxylu připojen vodíkový ion nebo nasycený uhlovodíkový zbytek, pokud je tento zbytek nenasyčený, jedná se o nenasyčené kyseliny a pokud je jím aromatické jádro, pak jde o aromatické kyseliny.

Karboxylové kyseliny jsou významné složky především produktů rostlinného původu. Ovlivňují průběh enzymových a chemických reakcí, mikrobiologickou stabilitu potravin během skladování a zpracování, organoleptické a technologické vlastnosti. V potravinách se vyskytují zejména karboxylové kyseliny alifatické, alicyklické a aromatické nebo heterocyklické.

Nejjednodušší karboxylovou kyselinou je methanová kyselina (HCOOH), triviálně nazývaná kyselinou mravenčí [1][6][7].

#### 2.1.1 Acylglyceroly

Acylglyceroly (dříve nazývané glyceridy) jsou hlavními představiteli jednoduchých lipidů. Jsou označovány jako estery vyšších mastných kyselin (tj. vyšších acyklických, nerozvětvených monokarboxylových kyselin) a sudého počtu uhlíkových atomů v molekule) a glycerolu. Dělí se:

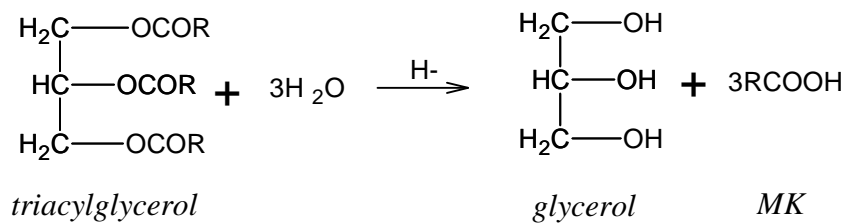
- monoacylglyceroly – je-li esterifikována jedna hydroxylová skupina glycerolu.
- diacylglyceroly – jsou-li esterifikovány dvě hydroxylové skupiny glycerolu.
- triacylglyceroly – jsou-li esterifikovány všechny tři hydroxylové skupiny glycerolu.

Největší význam mají triacylglyceroly (TAG). Ty se dále dělí buď podle jednotlivých navázaných mastných kyselin na jednoduché (na glycerolu jsou navázány tři stejné mastné kyseliny) či smíšené (navázány dvě až tři různé mastné kyseliny) nebo podle nasycenosti mastných kyselin (např. SSS, SSU, SUU, UUU, kde S je nasycená a U je nenasyčená mastná kyselina). Díky tomuto složitému uspořádání existuje velké množství TAG, pravděpodobně

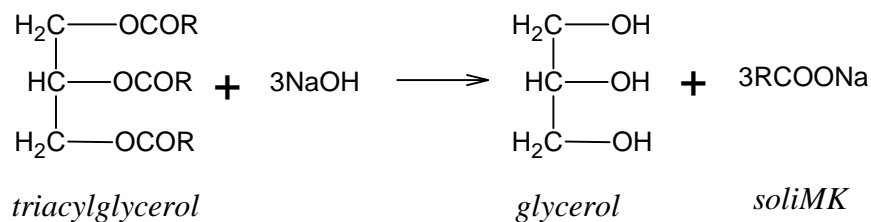


tisíce, a jejich detailní analýza a identifikace jsou velmi složité. TAG jsou základní součástí přírodních tuků (směsi tuhých triacylglycerolů) a olejů (směsi kapalných triacylglycerolů). Patří mezi neutrální látky obsažené v některých živočišných či rostlinných tkáních, z kterých se také získávají (např. sojové boby, lněná semena, olivy, kokosové ořechy). Nacházejí se rovněž v mléce.

Kyselou hydrolyzou triacylglycerolů vznikají mastné kyseliny a glycerol (Obrázek 2). Využívá se například v výrobě sviček. Alkalickou hydrolyzou se tvoří směs esolímastných kyselin (zvaných mýdla) a glycerol (Obrázek 3). Tuhá mýdla vznikají při použití hydroxid sodného a mýdla kapalná při použití hydroxid draselného [1][3][5].



Obrázek 2: Kyselá hydrolyza triacylglycerolu [3]



Obrázek 3: Alkalická hydrolyza triacylglycerolu [3]

## 2.2 Mastné kyseliny

Mastné kyseliny (MK) jsou z hlediska výživy nejvýznamnější složkou lipidů. Lipidy se obvykle definují jako přírodní sloučeniny, které obsahují esterově vázané mastné kyseliny o více než třech atomech uhlíku v molekule. Z chemického hlediska jsou MK vyskytující se v lipidech označovány jako vyšší monokarboxylové kyseliny salifáty s kationem uhlíkatým řetězcem. Jejich hydrofobní charakter je příčinou hydrofobního charakteru molekuly lipidu [2][3].

### 2.2.1 Struktura a názvosloví

V přírodě i v potravinách se vyskytují lipidy následující skupiny mastných kyselin:

- nasycené mastné kyseliny
- nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (monoenoové)
- nenasycené mastné kyseliny s více dvojnými vazbami (polyenoové)
- nenasycené mastné kyseliny s trojnými vazbami.

Pro stručnost se uvádějí *schematické zkratky* mastných kyselin ve formě  $C_{N:M}$ , kde  $N$  je počet atomů uhlíku v molekule a  $M$  je počet dvojných vazeb (např.  $C_{4:0}$ ,  $C_{14:1}$  atd.). Pokud chceme uvést polohy dvojných vazeb, v literatuře se často používá symbol  $\Delta^{a,b,c,d}$ , kde písmena udávají číslo uhlíku, ze kterého dvojná vazba vychází (číslování začíná od karboxylové skupiny).

*Systematické názvy* jsou odvozené od uhlovodíků se stejným počtem uhlíkových atomů (např. kyselina butanová,  $\Delta^9$  *cis*-tetradecenová). *Triviální názvy* je často nahrazují, protože jsou v praxi více používané hlavně u obvyklých MK (např. kyselina máselná, arachidonová). Triviální názvy se však vztahují pouze na určitý isomer určený polohou dvojných vazeb a určitou sférickou konfigurací. Z toho důvodu se doporučuje používat systematické názvy, popř. schematických zkratk [2][5].

Tabulka 1: Významné mastné kyseliny [5]

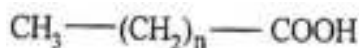
Skupina a její označení včetně počtu dvojných vazeb	Schematická zkratka	Systematický název	Triviální název
<b>nasyčené (SFA)</b>	- $C_{4:0}$	butanová	máselná
	- $C_{6:0}$	hexanová	kapronová
	- $C_{8:0}$	oktanová	kaprylová
	- $C_{10:0}$	dekanová	kaprinová
	- $C_{12:0}$	dodekanová	laurová
	- $C_{14:0}$	tetradekanová	myristová
	- $C_{16:0}$	hexadekanová	palmitová
	- $C_{18:0}$	oktadekanová	stearová
	- $C_{20:0}$	eikosanová	arachová
- $C_{22:0}$	dokosanová	behenová	
<b>nenasyčené (UFA)</b>			
monoenoové (MUFA)	1 $C_{14:1n5}$	$\Delta^9$ <i>cis</i> -tetradecenová	myristolejová
	1 $C_{16:1n7}$	$\Delta^9$ <i>cis</i> -hexadecenová	palmitolejová
	1 $C_{18:1n9}$	$\Delta^9$ <i>cis</i> -oktadecenová	olejová
	1 $C_{18:1n9}$	$\Delta^9$ <i>trans</i> -oktadecenová	elaidová
	1 $C_{18:1n7}$	$\Delta^{11}$ <i>trans</i> -oktadecenová	vakcenová (TVA)
	1 $C_{22:1n9}$	$\Delta^{13}$ <i>cis</i> -dokosenová	eruková
	1 $C_{20:1n11}$	$\Delta^9$ <i>cis</i> -eikosenová	gadolejová
polyenoové (PUFA)	2 $C_{18:2n7}$	$\Delta^{9,11}$ <i>cis</i> -, <i>trans</i> -oktadekadienová	isomer konjugované linolové (CLA)
	řada 2 $C_{18:2n6}$	$\Delta^{9,12}$ <i>cis</i> -, <i>cis</i> -oktadekadienová	linolová
	<i>n</i> -6 3 $C_{18:3n6}$	$\Delta^{6,9,12}$ all- <i>cis</i> -oktadekatrienová	$\gamma$ -linolenová
	4 $C_{20:4n6}$	$\Delta^{5,8,11,14}$ all- <i>cis</i> -eikosatetraenová	arachidonová
	řada 3 $C_{18:3n3}$	$\Delta^{9,12,15}$ all- <i>cis</i> -oktadekatrienová	$\alpha$ -linolenová (ALA)
	<i>n</i> -3 5 $C_{20:5n3}$	$\Delta^{5,8,11,14,17}$ all- <i>cis</i> -eikosapentaenová	EPA
6 $C_{22:6n3}$	$\Delta^{4,7,10,13,16,19}$ all- <i>cis</i> -dokosahexaenová	DHA	

### 2.2.1.1 Nasycené mastné kyseliny

Nasyčené mastné kyseliny (SFA, saturated fatty acids) jsou běžnou složkou přírodních lipidů. Skládají se minimálně z 4 a maximálně z 60 atomů uhlíku. Zpravidla mají rovný, nerozvětvený řetězec nejčastěji s 2 nebo 3 atomy uhlíku (Obrázek 4).

V lipidech potravin jsou hlavními kyselinami především kyselina máselná, palmitová a stearová. Mastné kyseliny se s určitým počtem atomů uhlíku jsou zřídka doprovázeny

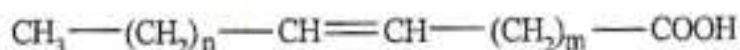
kyselinami slichým počet atomů uhlíku v molekule, například pentadekanová a heptadekanová kyselina [2][5].



Obrázek 4: Obecný vzorec nasycené mastné kyseliny [5]

### 2.2.1.2 Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou

Nenasycené mastné kyseliny s jednou dvojnou vazbou (také označovány jako monoenoové nebo *MUFA*, monounsaturated fatty acids), se navzájem liší počtem a polohou dvojných vazeb a jejich prostorovou konfigurací. Běžně se používají triviální názvy těchto kyselin. Charakteristickým příkladem je kyselina olejová.



Obrázek 5: Obecný vzorec monoenoové mastné kyseliny [5]

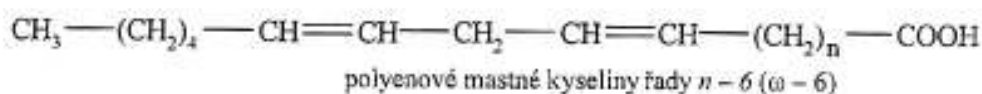
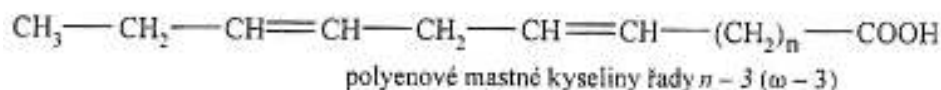
Dříve se předpokládala naprostá specifita enzymů desaturas, proto byla poloha dvojných vazeb vždy na stejném místě v řetězci. Dnes již byla prokázána přítomnost polohových isomerů. Prostorová konfigurace závisí na orientaci substituentů (-H nebo -CH<sub>2</sub>-) v úhlových dvojných vazbách. Pokud jsou stejní substituenti na téže straně vazby, isomer je označován jako *cis*- nebo *Z*-, jsou-li na opačných stranách, označují se jako *trans*- nebo *E*-. Označení *Z* (zusammen = spolu) a *E* (entgegen = protilehlý) je novější, ale v praxi je běžněji používané označení *cis*- a *trans*-. Příklad rozlišování je v *cis*-konfiguraci [2][5].

### 2.2.1.3 Nenasycené mastné kyseliny s dvěma dvojnými vazbami

Nenasycené mastné kyseliny s dvěma dvojnými vazbami (také označovány jako dienoové nebo *PUFA*, polyunsaturated fatty acids), jsou velmi důležité v živých organismech. V přírodních lipidech se jim vyskytuje v podstatném množství jen několik. Jedna z nejvýznamnějších je kyselina linolová.

Základní rozlišení je stejné jako u monoenoových, navíc se rozlišují podle vzdálenosti mezi dvojnými vazbami: *izolované* (vzájemně vzdálené dvojných vazby oddělené alespoň dvěma jednoduchými), *konjugované* (dvojných vazby jsou objednány uhlíkem, tj. n. oddělené jednou vazbou jednoduchou) a *kumulované* (dvojných vazby jsou vedle sebe). MK konjugované dvojnými vazbami se výrazně liší svou reaktivitou a fyziologickými účinky od MK izolovaných dvojnými vazbami.

Vyskytují se také polohové a prostorové isomery. Ale setkáváme se i s řízením podle polohy první dvojných vazby od konce molekuly: řada n-6 nebo ω-6 (omega, podle posledního písmene řecké abecedy) dienoových kyselin znamená, že první dvojná vazba se vyskytuje na 6. uhlíku od konce řetězce. Podobně u platí u mastných kyselin řada n-3 nebo ω-3.



Obrázek6: Obecný vzorec polyenových mastných kyselin [5]

Nenasycených mastných kyselin s třemi dvojnými vazbami je v přírodních lipidech také poměrně málo, což zcela neodpovídá možnostem isomerie. Je jednou z nejvýznamnějších kyselin je linolenová kyselina, často označována jako  $\alpha$ -linolenová kyselina (systematickým názvem 9,12,15-oktadekatrienová kyselina, řada n-3). Vyskytuje se také v isomerní podobě jako  $\gamma$ -linolenová (systematickým názvem 6,9,12-oktadekatrienová kyselina, řada n-6).

Nenasycené mastné kyseliny se čtyřmi až šesti dvojnými vazbami se vyskytují vzácně. Nejvýznamnějšími zástupci jsou kyselina arachidonová (AA), eikosapentaenová (EPA) a dokosaheptaenová (DHA) [2][3][5].

#### 2.2.1.4 Nenasycené mastné kyseliny s jednou až třemi dvojnými vazbami

Ve srovnání s výše uvedenými typy mastných kyselin jsou tyto kyseliny ve výživě a v potravinářství podstatně méně důležité.

Mastné kyseliny s jednou nebo třemi dvojnými vazbami nebo kyseliny obsahující současně dvojnou a trojnou vazbu se vyskytují vzácně. Například kyselina tarinová (6-oktadecinová) a kyselina isanová (17-oktadecen-9,11-dienová) [2].

### 2.2.2 Vlastnosti mastných kyselin

Poznatky o vlastnostech mastných kyselin jsou důležité nejen pro potravinářskou praxi, ale i pro metody jejich analýzy [5].

#### 2.2.2.1 Teplota tání a varu

Teplota tání mastných kyselin závisí na počtu atomů uhlíku, ale pro čtyřuhlíkové a nad 20 se již příliš nemění. MK s lichým počtem uhlíků mají nižší teplotu tání než MK se sudým počtem uhlíků a nenasyčené mají nižší než nasycené.

Na teplotu tání má také velký vliv *cis* vazba, která způsobuje ohybnost řetězce o  $42^\circ$ . *Cis*-isomery mají teplotu tání výrazně nižší než odpovídající *trans*-isomery.

Dále také závisí na krystalické modifikaci a na úhlu sklonu řetězce mastných kyselin ke krystalové rovině. Při ochlazení přecházejí MK nejprve z kapalné fáze do nestabilní tuhé a teprve poté se přeměňují na stabilnější tuhé modifikace. Krystaly MK tvoří vrstvy, ve kterých jsou karboxyly orientovány na jednu stranu, methylové konce řetězce na stranu druhou. V případě stabilní modifikace jsou řetězce navzájem rovnoběžné. Nasycené MK



isomerují na *trans*-monoenoové MK, takže v hydrogenovaném tuku může být až 50–80% dvojných vazeb v konfiguraci *trans*. Současně probíhá i polohová isomerace.

Na pravděpodobně negativní význam *trans*-nenasycených MK ve výživě člověka již reagovala legislativa EU. Výrobci se proto snaží, aby jejich obsah v tucích byl co nejnižší a od klasické hydrogenace proto ustupují. U přežvýkavců při trávení potravy (především celulosy) však probíhá tzv. enzymová hydrogenace, které se zúčastňuje bakteriální mikroflóra rozkládající celulosu. Přitom zároveň produkuje enzymy, které katalyzují hydrogenační reakce [5].

### 2.2.3.3 Isomerace

Isomerace je soureakce, kdy dvojná vazba nenasycených MK mohou změnit svou sférickou konfiguraci (geometrická isomerace) nebo se posune dvojná vazba (polohová isomerace). V přírodních lipidech jsou dvojná vazba nenasycených MK většinou v *cis* formě. Přeřechod *cis* formy na *trans* formu (jak omezí stupeň vzniku volných radikálů) může způsobit např. zářev, neboť konfigurace *trans* je termodynamicky stabilnější. Isomerace polyenových MK probíhá rychleji než isomerace monoenoových MK [5].

### 2.2.3.4 Oxidace

Oxidace je jednou z nejvýznamnějších reakcí MK. Autooxidace uhlovodíkového řetězce MK je nejběžnějším typem oxidace při zpracování nebo skladování některých potravin. Jedná se o radikálovou řetězovou reakci, jejíž primárními produkty jsou hydroperoxy MK a jejich radikály. Rychlost oxidace závisí na struktuře a koncentraci reagujících látek a na reakčních podmínkách (teplota, koncentrace kyslíku a aktivita vody). Při běžné teplotě (20°C) jsou oxidovány jen nenasycené MK, přičemž čím více dvojných vazeb obsahují, tím probíhá oxidace rychleji. Méně stabilní jsou *cis*-isomery, MK skonjugovanýmivazbami volné MK [5].

## 2.2.4 Stanovení mastných kyselin

Pro stanovení jednotlivých mastných kyselin v lipidech se užívá velké množství především chromatografických metod. Nejčastěji používaným stále patří plynová chromatografie (gas chromatography – GC). Volba metody pro analýzu MK v čítněpřípravě vzorku je ovlivněna zejména většinou obsahem neutrálních lipidů. V současnosti je hlavním zájmem o MK soustředěn na jejich specifické typy. Z tohoto hlediska je zajímavá problematika analýzy různých geometrických isomerů MK. Pro spolehlivou identifikaci jednotlivých složek v takto složitých systémech je však nutno používat odpovídající pracovní postupy a příslušnou techniku.

Pro MK se používají postupy založené na počáteční frakcionaci, např. na bázi Ag-komplexů a následné identifikaci jednotlivých složek v získaných frakcích. Pro MK je výhodná metoda GC-MS (gas chromatography-mass spectrometry / plynová chromatografie v kombinaci s hmotnostní spektrometrií), hlavně využitím chemické ionizace, případně dalších specifických technik. Vyhodnocením MS spektra lze získat informace o struktuře

molekul MK (celkový počet uhlíků, počet a polohy násobných vazeb, *cis*- nebo *trans*-uspořádání atd.).

Analýzy jednotlivých MK byly zpočátku obtížné v důsledku jejich ztrát vlivem rozpustnosti ve vodě a těkavosti kyselin skrátkým řetězcem. První práce o analýze MK pomocí plynové chromatografie plyn-kapalina (gas-liquid chromatography – GLC) u přežvýkavců byly publikovány v roce 1956 (A.T. James a A.J.P. Martin). Následný rozvoj analýz umožnil aplikaci různých chromatografických postupů separace a identifikace MK [5].

## 2.3 Esenciální mastné kyseliny

Mastné kyseliny vykazující příznivou biologickou aktivitu a zvyšující tak biologickou hodnotu potravin se označují jako esenciální mastné kyseliny. Esenciální proto, že si je člověk nedokáže sám syntetizovat a musí je v dostatečné míře přijímat v potravě. Jejich nedostatek může způsobit poškození kůže, poruchy zraku, růstu a reprodukce, snížení duchovních schopností a deprese.

Patří sem MK hlavně s větším počtem dvojných vazeb, například kyseliny linolová a  $\alpha$ -linolenová v *cis*-konfiguracích, označované dříve (spolu s kyselinou arachidonovou) za vitamín F (z angl. fat = tuk), i když se ve skutečnosti žádný vitamín nejedná [3][5][7].

Tělo produkuje všechny MK kromě kyseliny linolové,  $\alpha$ -linolenové a arachidonové, tudíž je nazýváme esenciálními MK. Ale na druhou stranu, organismus si může kyselinu linolenovou a arachidonovou vyrobit z kyseliny linolové, tudíž můžeme za nezbytnou kyselinu považovat jen kyselinu linolovou [13].

Kyselina linolová a linolenová se nachází zejména v klíčcích obilovin (pšenice, kukuřice, atd.) a v suchých plodech (vlašských ořešcích, mandlích, lískových oříšcích, atd.). Asi v desetkrát menším množství jsou obsaženy také v živočišných produktech, ale jsou v nich ve spojení s nasycenými MK, které jsou pro zdraví škodlivé.

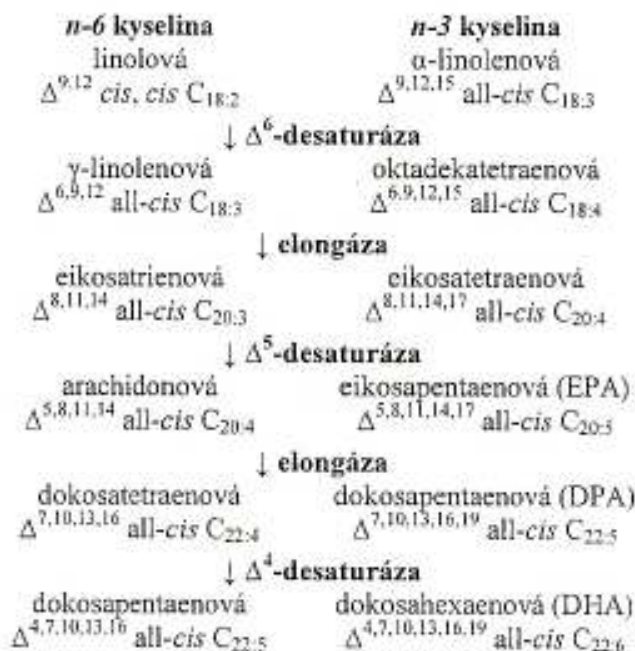
WHO (World Health Organization) stanovila minimums potřebu PUFA na 3% z celkové denní kalorické hodnoty naší stravy. Tomu odpovídá 8 g denně, z kterých by minimálně 6 g mělo být ve formě kyseliny linolové. Tento minimální příjem nám nejlépe zajistí rostlinná výživa (stačí například sníst 60 g mandlí denně). Kravské mléko je na kyselinu linolovou chudé, proto se doporučuje obohatit jej při přípravě domácí výživy o rostlinné oleje, bohaté na tuto kyselinu [12].

Dlouhodobě nedostatečný, ale i nadbytečný příjem esenciálních MK, zvláště není-li doprovázen současným odpovídajícím příjmem vitamínu E, zabránění peroxidace kyselin *in vivo*, má nežádoucí následky na zdraví [9].

### 2.3.1 Metabolismus esenciálních mastných kyselin

Syntéza vyšších esenciálních mastných kyselin je pro metabolismus velmi důležitá. V potravě se přijímají hlavně jejich prekurzory, jako kyseliny linolová a  $\alpha$ -linolenová, z kterých jsou syntetizovány v lidském organismu další důležité MK postupným střídáním tzv. elongace, kdy dochází k prodloužení uhlíkového řetězce o 2 – 4 atomy uhlíku a tzv. desaturace, při níž se vytvářejí další dvojně vazby, takže vznikají MK s 20–22 atomy uhlíku

a se 4 – 6 dvojnými vazbami vmolekule (Obrázek 7) . Takové MK se někdy označují zkratkou *HUFA*(highlyunsaturatedfattyacids).



Obrázek7:Metabolismusesenciálníchmastnýchkysel in[5]

Enzymy provádějící desaturaci a elongaci *n*-6 a *n*-3 mastných kyseliny jsou stejné, snadněji však probíhá desaturace a elongace u *n*-3 MK. Někteří lidé mají málo aktivní  $\Delta^6$ -desaturasy, takže jsou pro ně tyto přeměny znesnadněny. Hlavními faktory, které aktivitu enzymu negativně ovlivňují jsou věk (u starších lidí je aktivita nižší), výživa (inhibiční účinek na enzym má příjem methanolu, negativní vliv má nedostatek vitaminů B6, biotinu, En, Mg a Ca, vyšší příjem trans-nenasycených MK a polohových isomerů přirozených nenasycených kyselin potravou), stres a virové infekce.

Některé z HUFA MK (arachidonová, EPA) mají nezastupitelnou funkci jako prekurzory řady biologicky aktivních látek nazývaných souhrnně *eikosanoidy* a dále jako modulační složky biologických membrán, neboť ovlivňují jejich fluiditu a flexibilitu. Patří sem prostaglandiny, prostacykliny, leukotrieny, trombexany a lipoxiny, které se mimo jiné podílejí na regulaci syntézy a dopravy cholesterolu, regulaci funkce leukocytů, cyklu spánku a bdění atd. Příklad vlivu se předpokládá také u prevence rakoviny kůže [2][5].

## 2.4 Omega-mastné kyseliny

Již ve třicátých letech 20. století vědci zjistili, že ze všech rostlinných a živočišných tuků jsou pouze dva druhy, které by měly být v naší stravě zastoupeny, a to typu omega-3 a omega-6. Jejich opomenutí v naší stravě by mohlo způsobit vážné zdravotní problémy – zrovna tak, jako kdyby naše strava neobsahovala dostatek vitaminů a nezbytných minerálů [8].



Omega-tuky regulují veškeré biologické funkce, imunitní systém, činnost srdce a cév, nervový systém i činnost pohlavních orgánů. Potraviny obsahují směs různých druhů tuků, z nichž některý v dané potraviny převažuje. Byla zjištěna nenahraditelnost omega-tuků. Jejich nedostatek způsobuje suchou kůži, otoky a poškození orgánů.

Tuky ve stravě jsou pro zdraví velmi důležité. Omega-tuky jsou nutné:

- jako zdroj energie
- pro udržování tělesné teploty
- pro ochranu nervových vláken
- pro využití vitaminů rozpustných v tucích (A, D, E, K)
- pro přenos vzruchů
- pro ochranu orgánů [4].

### 2.4.1 Historie

V roce 1923 objevili američtí vědci Burr a Evans u krys, které neměly v potravě mastné kyseliny, různé symptomy nemoci. Evans nazval tyto mastné kyseliny vitaminem F.

V roce 1930 Burr zjistil, že vážné poruchy způsobuje nedostatek omega-tuků. Vitamin F tak přestal být považován za jedinou látku. Začátkem pojmenování LIN (linolová, linolenová) pochází ze slova lin, v anglickém jazyce len, z kterého byly poprvé izolovány omega-6 a omega-3.

V 50. letech 20. století zjistil americký vědec Ancel Keyes, že různé tuky působí odlišně. Zveřejnil výsledky studie, ve které porovnával stravu a její vliv na zdraví a úmrtí. Kréťané s dostatkem omega-3 a 9 (ryby, ořechy, zelenina, olivový olej) trpěli nejmenším počtem srdečně-cévních nemocí a úmrtí.

V 70. letech 20. století dánský vědec Dyeberg uvedl ve své studii, že Eskymáci (Inuité) mají přesto čnou stravu nízký výskyt srdečních chorob a cukrovky, které řemeslníci řešili tím, že se do Grónska do Dánska, trpěli podobnými nemocemi jako dánská populace. Pozitivní účinek se začal přisuzovat omega-3 tukům.

V 80. letech 20. století si vědci začali všimnout spojitosti stravy, omega-tuků, nemocí a úmrtí. Objevily se informace o dlouhověkosti Japonců vzhledem k jejich vysokému příjmu ryb, sójových a řepkových olejů.

V roce 1982 obdrželi švédští vědci Bergstrom a Samuelsson spolu s britským vědcem Johnem Vanem Nobelovu cenu za vysvětlení vztahu mezi nedostatkem omega-tuků a nemocemi. Zjistili, že za regulaci imunity, srážlivosti a zánětu odpovídají hormony zvané *prostaglandiny*, které vznikají z omega-3 a omega-6.

V 90. letech 20. století klinické studie potvrdily předpoklady o důležité roli omega-3 tuků v prevenci nejčastější příčiny úmrtí v západním světě, srdečně-cévních nemocí. Nejvýznamnější studie patří DART, GISSI a Lyonská studie.

V současnosti se úloha omega-3 sleduje v souvislosti s prevencí a léčbou desítek dalších poruch a nemocí, včetně vlivu na duševní nemoci, jako je deprese, schizofrenie, porucha

pozornosti, mentální anorexie a demence. Potvrdil se účinek, který mají omega-3 v regulaci činnosti nervového systému [4].

## 2.4.2 Omega-3 mastné kyseliny

Tuky typu omega-3, někdy nazývané jako „rybí tuky“, se řadí ke skupině tuků nazývané esenciální mastné kyseliny. V medicínské terminologii to znamená, že tyto tuky jsou pro život a zdraví nepostradatelné.

Hlavními omega-3 mastnými kyselinami jsou kyselina alfa-linolenová (LNA), kyselina eikosapentaenová (EPA) a kyselina dokosaheptaenová (DHA). LNA má osmnáct atomů uhlíku a obsahuje tři dvojně vazby. EPA má délku dvaceti atomů uhlíku a má pět dvojných vazeb. DHA je nejvíce nenasycená omega-3 MK, má dvaacet dva atomů uhlíku s šesti dvojnými vazbami (*Tabulka 1*).

Při trávení a vstřebávání tuku obsahující LNA, enzymy mohou přeměnit některé LNA do delších, vysoce polynenasycených omega-3 MK (*Obrázek 7*). Z nich jsou nejvíce studovány EPA a DHA. Je potřeba asi deseti LNA, aby je tělo mohlo přeměnit na EPA [8].

### 2.4.2.1 Nedostatek omega-3 MK

Zvýšení příjmu omega-3 nám nezajistí zdraví, pokud konzumujeme příliš mnoho nenasycených, trans-omega-6 tuků a vedeme sedavý způsob života.

Tento životní styl společně s mírou alkoholu, stresu, vysokého množství stresových hormonů (adrenalinu), užívání některých léků a nedostatkem vlákniny, vitamínů a antioxidantů ve stravě způsobuje nedostatek omega-3, který se projevuje mnohými běžnými příznaky, nad kterými se ani nepozastavujeme (např. častým nachlazením, bolestmi kloubů, neustálým pocitem hladu, podrážděností aj.) [4].

### 2.4.2.2 Pozitivní účinky omega-3 MK na lidské zdraví

Přiléhavě k výzkumům se zjevně blahodárných účinků těchto tuků stále zvyšuje.

Zprvu, tuky typu omega-3 redukovávají riziko srdečních chorob. Jsou tzv. přírodním ředidlem krve. Udržují krevní tuky, známé jako triacylglyceroly, na spodní bezpečné hranici, snižují krevní tlak, pomáhají tepnám udržet svoji elastičnost a zároveň chrání před jejich zánětem. Obecně řečeno, tuky typu omega-3 jsou nepostradatelné k dobrému fungování krevního oběhu.

Za druhé, jako přírodní protizánětliví činitelé pomáhají při prevenci, nebo ulehčují příznaky u revmatoidní artritidy, astmatu, menstruačních bolestí a migrén.

Zatřetí, omega-3 tuky obzvláště potřebuje oční sítnice ke správnému vidění. Navíc zabraňují poškození jemných cévek v oku a zároveň v nich zvyšují cirkulaci krve právě tak, jak fungují u cév srdce.

Za čtvrté, při řazení omega-3 tuků do jídelníčku získáme tzv. „potravu pro náš mozek“, protože většina polynenasycených omega-3 tuků sestává z částí šedé kůry mozku. Vědci tvrdí, že v zemích, kde jsou ryby na prvním místě jídelníčku, lidé velmi málo trpí depresemi,

vesrovnání se Spojeným státy, kde je konzumace ryb velmí malá a deprese sestává v j velkém problému.

Za paté, vysušená pokožka je nejběžnějším projevem nedostatku omega-3 tuků. Kolem každé jednotlivé buňky v pokožce se nachází membrána, která zadržuje vlhkost uvnitř buňky. Tato membrána je pevnější a zadržuje vlhkost proti větru. Omega-3 mastné kyseliny tvoří část této membrány a udržují pokožku hydratovanou a měkkou.

Za šesté, tuky typu omega-3 redukuje riziko rakoviny.

Důležitým poznatkem je také, že tuky typu omega-3 hrají významnou roli při přeměně kalorií přijatých ze stravy na teplo zadržující naše tělo, než při přeměně těchto kalorií na energii, nebouložením ve formě tuků [8].

#### 2.4.2.3 Výskyt omega-3 MK v potravinách

Omega-3 tuky se nacházejí v rostlinných i živočišných potravinách. Kyselina alfa-linolenová pochází především z potravy rostlinného původu. EPA a DHA se nacházejí hlavně v rybím tuku. Výjimkou jsou však čerstvé mořské řasy (nesušené) [4][8].

V současné době se rozšiřuje výroba potravin obohacených o omega-3, například vejce, chléb, ovocné džusy s přidáním mléka, vlákninou, vitamíny a omega-3, tyčinky, polévky, či rybízový džus s přidáním omega-3 a omega-6 [4].

#### 2.4.2.4 Rostlinné zdroje omega-3 MK

Lněná semínka jsou jedním z nejbohatších zdrojů omega-3 MK. Již před 3000 lety je začali pěstovat Babylóňané a také Hippokrates popisoval jejich uklidňující účinek při zažívacích problémech. Semínka také obsahují železo, fosfor, hořčík, vápník, draslík, kyselinu listovou, vitamín E, rozpustnou i nerozpustnou vlákninu, karoten, biotin, antioxidanty a látky, z kterých se tvoří lignany. Ze lněných semen se extrahuje olej, který obsahuje 50 až 55 % omega-3 a také lignany, které blokují účinek některých karcinogenních látek. Lněný olej s hořčičným olejem snižoval pravděpodobnost rizika infarktu myokardu a srdečního onemocnění. Je účinný také při nádorech, ekzémch a podporuje imunitu.

Šrucha zelná je dalším významným zdrojem omega-3 tuků. Tato osmá nejčastěji se vyskytující rostlina na světě pochází z Persie, kde se používala již 2000 let př.n.l. U nás je poměrně neznámá. Poskytuje více výživných látek než jiná listová zelenina. Většinou se však likviduje jako škodlivý plevel, ale ve Středomoří a Indii se používá do salátů a polévek. Šrucha zelná obsahuje mnoho omega-3 (dokonce i EPA přítomnou jen v rybách a řasách) a vhodný poměr omega-6/omega-3, vlákninu, bílkoviny, vitamíny (beta karoten, C a E), minerální látky, koenzym Q<sub>10</sub> a antioxidanty.

Dalšími zdroji omega-3 MK jsou vlašské ořechy, dýňová semena, řepka, sója, pšeničné klíčky, fazole, jahody, cizrna aj. [4].

#### 2.4.2.5 Živočišné zdroje omega-3 MK

Ryby patří k hlavním zdrojům omega-3 MK, a to hlavně ryby tučné, jako jsou sardinky, tuňák, losos, sleď, pstruh, makrela aj. Rybí tuk obsahuje přes 30% omega-3 tuků. V rybách setakénachází bílkoviny, zinek, železo a mangan nasycených tuků [4].

Organismus vodních živočichů si omega-3 tvoří z rostlinného planktonu. Ryby obsahují více EPA a DHA než ostatní mořští živočichové, protože jejich tkáně mají více tuku. Proto oleje extrahované z ryb mohou být koncentrovaným zdrojem těchto kyselin. Všichni mořští tvorové potřebují tyto polynenasycené omega-3 tuky pro teplo a kudrčení elastických a flexibilních tkání v ledových vodách. Lidé potřebují více omega-3 MK za chladného počasí zestejněho úvodu [4][8].

Dalším živočišným zdrojem je zvěřina (bizoní a pštrosí maso) a také mateřské mléko [4].

#### 2.4.2.6 Správný výběr ryby a bezpečí vysokého obsahu tuku

Rybí sendvič z podniku urychlého občerstvení jsou z bílého rybího masa, nejčastěji tresky, bez tuku, ve kterém se nenachází omega-3 MK, zato obsahují škodlivé množství omega-6, trans-tuků a nasycených tuků, které zvyšují riziko srdečních nemocí. V současné době se doporučuje konzumovat dvě porce tučných ryb týdně (celkem 350–400g). Proto byste měli být opatrní při konzumaci, jsou vhodné rybí konzervy (tuňák, sardinky).

Bylo zjištěno, že lososí maso z chovaných ryb obsahuje škodlivé látky. Analýza zahrnovala 2 tuny lososů z řetězce supermarketů v Evropě, severní a jižní Americe. Nejvíce znečištěný losos pochází ze Skotska. Vědci se zaměřili na 14 škodlivin, především na dioxiny a pesticidy. V lososím masu se našlo všech 14 škodlivin překračujících normu. Lososi na farmách se kromě zeleniny ve více než 50% rybím masu a oleji z ryb, v kterých se již tyto škodliviny nacházejí.

V poslední době se zvyšují obavy z přítomnosti rtuti v rybím masu. Rtuť je těžký kov, který se vyskytuje ve znečištěném ovzduší a dostává se do řek i oceánů. Téměř všechny ryby a mořské plody obsahují stopu rtuti. Nejvíce však ryby s vyšší, déle žijící a zdřuzující se p řidně oceánů, jako jsou žraloci, mečouni, okouni, velké (královské) makrely. Tyto ryby nejsou vhodné pro těhotné a kojící ženy, protože vysoký obsah rtuti v kůži i ve svalovině ryby by mohl poškodit zdravý vývoj plodu i kojence. Aljašský losos, tuňák, treska, garnát, sumec, kapr, pstruh aj. jsou vhodné ke konzumaci v nízké koncentraci rtuti [4].

#### 2.4.3 Omega-6 mastné kyseliny

Tuky typu omega-6 patří k esenciálním mastným kyselinám. Významnými omega-6 MK jsou kyselina linolová (LA), kyselina gama-linolenová (GLA) a kyselina arachidonová (AA). LA má osmnáct atomů uhlíku a obsahuje dvě dvojnásobné vazby. GLA má rovněž osmnáct atomů uhlíku a let řidvojnásobné vazby. AA má dleku dvacet atomů uhlíku se čtyřmi dvojnásobnými vazbami (*Tabulka 1*) [5][8].

Při strávení a vstřebání tuku obsahujícího LA, desaturasa a elongasa může přeměnit některé LA do delších omega-6 MK s více dvojnásobnými vazbami (*Obrázek 7*) [8].

#### 2.4.3.1 Nadbytek omega-6 MK

Nedostatek omega-6 tuků je velmi vzácný, protože vnaší stravě máme jejich vysoký nadbytek, hlavně pro velkou konzumaci rostlinných olejů [4].

Kuřecí, krůtí, jehněčí a obzvláště vepřové maso nemají téměř žádné omega-3, ale vhojně míře obsahují tuky omega-6. Sójové boby a výrobky z nich (tofu a miso) jsou sice zdrojem zdravých omega-3 tuků, ale zároveň obsahují desetkrát více omega-6. Vlašské ořechy zajišťují nejvíce omega-3 ze všech ořechů, ale jsou časně čtyřikrát více omega-6. Dokonce i lněný olej obsahuje 15% omega-6 (ale 55% omega-3).

Ať jde o použití těchto tuků v domácnostech nebo v potravinářském průmyslu v podobě margarínů, salátových majonéz, dresinků, pečených výrobků, smažených jídel a dalších, je jeho nadměrné užívání jednoznačně fenoménem dvacátého století. Dříve se tuky zacházelo hospodárněji, oleje (lněný a olivový) musely být získávány pomocí ručních lisů a byly dostupné pouze sezónně [8].

#### 2.4.3.2 Negativní účinky omega-6 MK na lidské zdraví

Omega-6 mají tvořit 1-2% denního příjmu (3 gramy denně). Vnaší západní stravě konzumujeme šestina sobě množství.

Ve vyšším množství omega-6 MK narušují imunitu, podporují rakovinu, infekční onemocnění a poruchu pohlavních orgánů. Z omega-6 vznikají škodlivé prostaglandiny, ale samotná omega-6 je v menším množství pro činnost organismu nezbytná [4].

Přemíra užívání tuků typu omega-6 může ohrozit vyvážený poměr MK a tím i naše zdraví [8].

#### 2.4.3.3 Pozitivní účinky omega-6 MK na lidské zdraví

Existuje také zdravě prospěšná omega-6 kyselina – gama-linolenová kyselina, která je syntetizována z kyseliny linolové. Vlivem stárnutí, konzumací nezdravých tuků, častým požíváním alkoholu a důsledkem porušení hladiny krevního cukru se může vyskytnout nedostatek GLA.

Její nejbohatším zdrojem je brtnákový, pupalkový a rybízový olej, mikrořasa spirulina a mateřské mléko. Pupalkový olej pozitivně ovlivňuje prsní tkáň, udržuje zdravé cévy, ulevuje kloubům a snižuje jejich bolestivost. Snižuje vysoký krevní tlak, pozitivně působí na akné, snižuje nadváhu, podporuje regeneraci buněk a je účinným antioxidantem [4].

#### 2.4.3.4 Výskyt omega-6 MK v potravinách

Nejbohatšími zdroji omega-6 živočišného původu jsou mléčné výrobky, červené maso, vnitřnosti, vaječný žloutek, krůtí a kuřecí maso [4].

Suroviny rostlinného původu se zejména zpracovávají v oleje (Obrázek 8).

- Sója obsahuje sice jen max. 20% oleje, z kterého polovina připadá na kyselinu linolovou, ale její roční produkce dosahuje téměř 100 milionů tun.

- Semenaslune čnice jsou naším důležitým zdrojem tuků. Obsahují asi 35-40% oleje, kde je nejvíce zastoupená kyselina linolová.
- Jádřobavlníku obsahují max. 50% oleje s převahou kyseliny linolové.
- Bílá a černá semena sezamu indického obsahují asi 50% olej složeného hlavně z kyseliny linolové a olejové.
- Řepka olejná je naší nejdůležitější olejninou. Klasická odrůda řepky dávala olej obsahem 50% kyseliny erukové, která je z výživového hlediska nevhodná. Dnes se vyrábí řepkový olej ze šlechtěných odrůd a obsahuje až 60% kyseliny olejové, 20-25% kyseliny linolové, 10-12% kyseliny linolenové a max. 2% kyseliny erukové.
- Kukuřičné klíčky obsahují max. 20% oleje s převahou kyseliny linolové a olejové [17].

Maštná kyselina	Podzemnicový olej	Sezamový olej	Kukuřičný klíčkový olej	Slunečnicový olej	Světlicový olej	Bavlníkový olej	Makový olej
laurová	0,0-0,1	0	0,0-0,3	0,0-0,1	0	0,0-0,2	0
myristová	0,0-0,1	0,0-0,1	0,1-0,3	0,0-0,2	0,0-0,2	0,6-1,0	0,1-0,7
palmitová	8,3-14,0	7,9-10,2	10,7-16,5	5-8	5,3-8,0	21,4-26,4	7-11
palmitolejová	0,0-0,2	0,1-0,2	0,0-0,3	pod 0,5	0,0-0,2	0,1-1,2	0,8-1,6
stearová	1,9-4,4	4,8-6,1	1,6-3,3	2,5-7,0	1,9-2,9	2,1-3,3	1-4
olejová	36,4-67,1	35,9-42,3	24,6-42,2	13-40	8,4-21,3	14,7-21,7	16-30
linolová	14,0-43,0	41,5-47,9	39,4-60,4	40-74	67,8-83,2	46,7-58,2	62-73
linolenová	0,0-0,1	0,3-0,4	0,7-1,3	pod 0,3	0,0-0,1	0,0-0,4	-
arachová	1,1-1,7	0,3-0,6	0,3-0,6	pod 0,5	0,2-0,4	0,2-0,5	-
eikosenová	0,7-1,7	0,0-0,3	0,2-0,4	pod 0,5	0,1-0,3	0,0-0,1	-
behenová	2,1-4,4	0,0-0,3	0,1-0,5	0,5-1,0	0,2-0,8	0,1-0,6	-
dokosenová	0,0-0,3	0	0,0-0,1	0,0-0,2	0,0-1,8	0,0-0,3	-
lignocerová	1,1-2,2	0,1-0,3	0,1-0,4	0,2-0,3	0,0-0,2	0,0-0,1	-

Obrázek 8: Složení hlavních MK olejů sestřídáním vysokým obsahem kyseliny linolové (% ve škerých MK) [2]

#### 2.4.4 Správný poměr omega-6 a omega-3

V posledních sto letech došlo k výrazné změně stravy. Zatímco dříve poměr omega-6 a omega-3 tvořil 4:1, současná západní strava dosahuje poměru až 20:1! Vhodný poměr se nachází v Japonsku a ve Středomoří vzhledem k vysoké konzumaci olivového oleje, ořechů, listové zeleniny a ryb.

Zvýšený příjem omega-6 v naší stravě je nový fakt, který se objevil teprve před sto lety správnou výrobou. Odborníci v minulých desetiletích doporučovali nahradit nasycené tuky rostlinnými oleji (omega-6), což vedlo k rapidní změně poměru omega-6 a omega-3, kterému lidský organismus nebyl schopen přizpůsobit [4].

Nadbytek omega-6 a nedostatek omega-3 způsobuje zdravotní poruchy, artritidu, srdeční onemocnění, rakovinu, Alzheimerovu demenci. Platí pravidlo: čím více tuků omega-6 konzumujeme, tím více potřebujeme tuků omega-3 [4][8].

Ideálního příjmu omega-6 a omega-3 dosáhneme snížením spotřeby rostlinných olejů, konzumací mletých lněných semen nebo lněného oleje (denně), vlašských ořechů, listové zeleniny a dvakrát týdně rybního oleje [4].

#### 2.4.5 Prostaglandiny

Omega-3 a 6 vznikají prostaglandiny, velmi účinné malé bílkovinné látky, podílející se na regulaci metabolismu a komunikaci mezi jednotlivými buňkami lidského těla. Omega-3 vznikají prospěšné a omega-6 škodlivé prostaglandiny.

Pozitivní zdravotní účinky:

- snižují krevní srážlivost
- snižují bolest hladiny inzulínu
- snižují dělení buněk
- rozšiřují cévy
- mají protizánětlivý účinek
- podporují imunitu a mozkové funkce

Negativní zdravotní účinky:

- podporují vznik zánětu, infekcí
- zvyšují krevní srážlivost
- zvyšují riziko srdečních nemocí, hypertenze, mozkové mrtvice
- výskyt deprese, Alzheimerovy nemoci
- zvyšují riziko rakoviny [4].

#### 2.4.6 Trans-mastné kyseliny

Umělé trans-tuky (neboli částečně ztužené tuky) se vyrábějí z omega-6 rostlinných olejů. Čím více je tuk polynenasycený (tzn. tekutý), tím rychleji podléhá žluknutí. K hydrogenaci tuků se používá vysoká teplota a kovový katalyzátor, což způsobí, že řetězec atomů vodíku dostane zářivou energii uhlíku v řetězci mastných kyselin. Hydrogenace byla vynalezena počátkem minulého století, aby žluknutí předešla. Při tomto procesu vznikne jakýsi tuhý tuk, který má sice dlouhou trvanlivost, ale neobsahuje žádné MK [4][8].

Obdobu tohoto originálního zpracování, nazývaná „lehká hydrogenace“ nebo „částečná hydrogenace“, se dnes používá u většiny olejů a margarínů, protože nevytváří tuhý tuk. Naneštěstí, tento proces přeměňuje omega-6 a omega-3 MK v tuhé trans-MK, které již po konzumaci nedokážou vůbec nic z toho, co dokážou skutečné MK, kromě poskytnutí kalorií.

Trans-MK jsou nebezpečné v tom, že se velmi podobají pravým MK, takže je buňčné membrány okamžitě přijmou. Jakmile se jednou stanou součástí našich tkání, nedokážou to, co MK typu omega-3 a omega-6. Čím více trans-MK vstřeváme, tím větší pronástané dostatek tuků typu omega-3.

Nenacházejí se pouze v olejích a margarínech, ale také ve stovkách jiných komerčně vyráběných produktech připravených z těchto tuků, jako jsou například smažená jídla, pomazánky, pokrmy fast-foodu, brambůrky, pečivo, sladkosti atd.

Je prokázáno, že trans-tuky jsou nejškodlivější formou tuků, zvyšují riziko mnoha nemocí (srdečně-cévních chorob až dvojnásobně), zvyšují tvorbu krevních sraženin, hladinu cholesterolu, riziko rakoviny tlustého střeva, poškozují strukturu buněk a způsobují také knadváze[8].

## 2.4.7 Omega-9 mastné kyseliny

Tuky typu omega-9 jsou tekuté při pokojové teplotě. Tělo si je dokáže vytvářet například z cukru. Nacházejí se v oleji olivovém, mandlovém, řepkovém, sezamovém, ořechovém a podzemnicovém, dále v ořešcích kešu, mandlích, pistáciích, arašídách a vavříkádu. Snižují riziko mrtvice, cukrovky, srdečně-cévních nemocí. Nejznámějším zástupcem je kyselina olejová[4].

## 2.5 Konjugovaná kyselina linolová (CLA)

### 2.5.1 Objevení CLA

Když dáme hamburger na gril, pozorujeme, jak se tuky vylučují, kapou a při styku s dřevěným uhlím prskají. Jakmile začne vyškvařovat tuk, vzniká jeho chemické složení a dochází k rozpadu komplexů látek na jednodušší formy. Stou to způsobem, jak se objeví mnoho chemikálií, škodlivých a neškodlivých.

Jedna z těchto chemikálií, benzopyren, může způsobit mutaci bakterie. Vědci se proto domnívali, že může způsobit rakovinu. Benzopyren se stal částí dýmu, který stoupal od dřevěného uhlí a usadil se na povrchu hamburgeru. Tento poznatek byl znám již v 70. letech 20. století. Proto, co se zajímali o zdravou stravu, to byl další důvod odstranit maso z diety a nahradit ho zdravým masem z zeleninou.

Vědci začali pátrat hlouběji v tomto objevu a stanovovali další chemikálie u různých metod vaření. Jeden takový vědec byl profesor Michael Pariza. V roce 1978 studoval heterocyklické aminy, zda jsou mutagenní a způsobují mutaci bakterie. Objevil, že hamburgerem užoubýtspečlivostí do celabezpečně připraveny.

Směr jeho výzkumu naprosto změnil prvotní objev, odlišující se od původního cíle. Toto zjištění pomohlo zlepšit zdravotní stav tisícům, respektive milionům lidí. V hamburgeru objevil něco, co potlačoval mutagenní efekt. Něco, co se působilo proti špatným účinkům těchto mutagenů, rozhodně to byl anti-mutagen.

Profesor Pariza použil známý vědecký test, zvaný Ames Test, pojmenovaný po vědcích z kalifornské univerzity v Berkley. Tento test je stále používán pro jeho jednoduchost. Vyžaduje enzymy z krysích jater stimulované určitými chemikáliemi. Vědci vložili tyto enzymy do mutagenní bakterie a pozorují je pod mikroskopem, zda budou mutovat[13].

Pariza nepatrně změnil tento experiment. Místo stimulujících krysích jater použil enzymy z neupravených krysích jater. Výsledky ukázaly anti-mutagenní jev, ale jaká látka to



způsobuje, byla stále otázkou. Skoro další desetiletí Parris nazval nově objevenou živinou. Nakonec v roce 1987 ji určil. Záhadnou látkou je CLA, konjugovaná kyselina linolová, přirozeně nenasycená MK. V současné době podstatně více je známo, že je významná pro lidské zdraví [12][15].

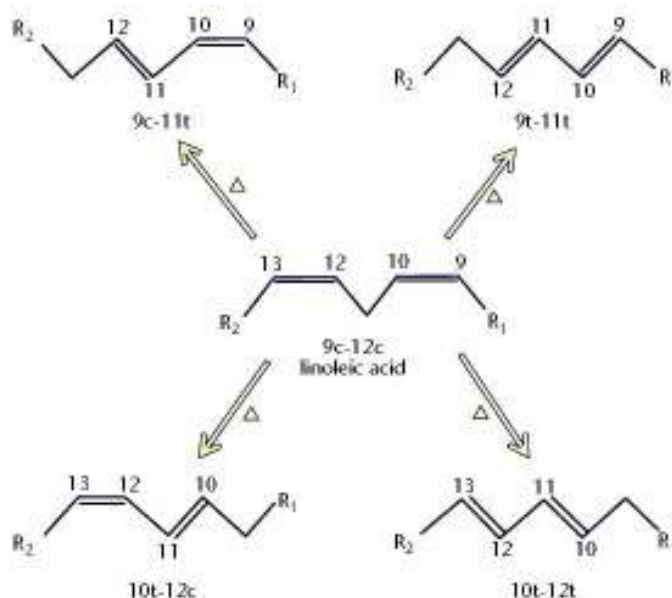
## 2.5.2 Názvosloví a struktura CLA

Konjugovaná kyselina linolová (CLA, conjugated linoleic acid) je souhrnný název pro polohové a geometrické isomery linolové kyseliny (CLA, linoleic acid, systematicky kyselina *cis*-9, *cis*-12 oktadekadienová (Obrázek 9)) [10][15].



Obrázek 9: Linolová kyselina [12]

Dvojně vazby v molekule CLA nejsou odděleny methylenovou skupinou jako je tomu u kyseliny linolové, ale jsou konjugované, tzn. dvojně vazby jsou oddělené jednou vazbou jednoduchou. Teoreticky by dvojně vazby mohly existovat v jakémkoliv místě od 2 do 18 atomu uhlíku a tudíž by vytvářely řadu možných isomerních struktur. Isomery CLA zahrnují *cis*-*cis*, *cis*-*trans*, *trans*-*cis* a *trans*-*trans* formy konjugované dvojně vazby v polohách 7 a 9, 8 a 10, 9 a 11, 10 a 12, 11 a 13 nebo 12 a 14 (po čítání od koncové karboxylové skupiny), což celkem zahrnuje 24 možných isomerů CLA. Příklad vytvoření některých z nich je uveden na obrázku níže (Obrázek 10) [10][11][15].



Obrázek 10: Příklad vytvoření CLA isomerů radikálovou oxidací kyseliny linolové [17]

Z skupiny isomerů je *cis*-9, *trans*-11 oktadekadienová kyselina jednou z nejvýznamnějších zástupců (Obrázek 11). Triviálně se nazývá bachorová kyselina, protože se ve zvýšené

koncentraci vyskytují především v káňích přežvýkavců (vzniká v nich bacherisomerací kyseliny linolové). Schematickou zkratkou se označuje  $C_{18:2\ n7}$ . Obsahuje 18 atomů uhlíků a dvě dvojně vazby - první na devátém atomu uhlíku (počítáno od karboxylové skupiny) v poloze *cis*- a druhou na jedenáctém atomu uhlíku v poloze *trans*-. Zkratka označuje polohu první dvojně vazby od konce methylové skupiny [5][8][10][12][15][16].



Obrázek 11: *cis*-9, *trans*-11 oktadekadienová kyselina [12]

### 2.5.3 Vlastnosti CLA

Sumární vzorec kyseliny *cis*-9, *trans*-11 oktadekadienové je  $C_{18}H_{32}O_2$ . Její molekulová hmotnost je  $280,2402\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Bod tání se pohybuje v rozmezí od  $-6$  do  $-3^\circ\text{C}$ .

Sumární vzorec kyseliny linolové je  $C_{18}H_{32}O_2$ . Její molekulová hmotnost je  $280,445\text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ . Bod tání je  $-5^\circ\text{C}$  a bod varu  $229^\circ\text{C}$ . Optická rotace je  $1,4711$  při  $20^\circ\text{C}$  a hustota je  $0,9031\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ . Rozpustná je v acetonu, alkoholu, etheru a petroletheru [22][25].

### 2.5.4 Výskyt CLA v potravinách

CLA isomery jsou přítomny v širokém spektru potravin, především však pouze v stopovém množství. Přirozeně se vyskytují v potravinách zahrnující rostlinné oleje, což jsou hlavní zdroje kyseliny linolové a obsahují jen  $0,2$ – $0,7\text{ mg}$  CLA na gram tuku. Vyšší koncentrace než u olejů byly prokázány v hovězím a telecím masu a také v mléčných výrobcích a vejcích [12][15][25].

Doktor Jahreis studoval obsah CLA v mateřském mléce a v mléce různých zvířat. Zjistil, že nejvyšší obsah CLA mají koně, poté prasata, člověk, kozy, krávy a nejvyšší ovce [41].

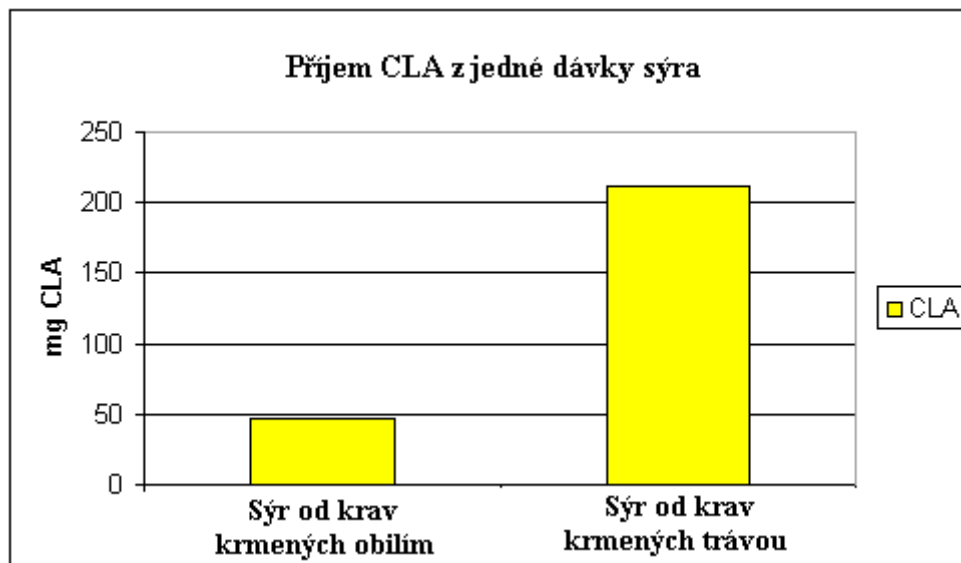
Studie prokázaly, že kyselina *cis*-9, *trans*-11 oktadekadienová zastupuje ve více než 90% celkovou CLA přítomnou v mléčném tuku a přes 75% v hovězím tuku [20].

#### 2.5.4.1 Mléčný tuk

V roce 1935 vědec Booth zjistil, že v letních měsících má mléko vyšší absorpční vlnovou délku v UV spektru než v zimě. Při řízení chování stejného množství a množství krmiva krmením mléko lépe rostlo. Později byla ve vzorcích mléka z letního období prokázána vyšší koncentrace CLA [15].

V čerstvém mléčném tuku byly zjištěny koncentrace CLA pohybující se od  $2$  do  $28\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ . Hodnota  $\text{mg CLA}$  na jedengram tuku se liší v sezónním změnou spojenou s krmným režimem. V běžném mléce nebo mléčných výrobcích se hladina pohybuje od  $3$  do  $6\text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ . V mateřském mléce je obsah CLA okolo  $4\text{ mg}$  na gram tuku [15][25].

Alpský sýr obsahuje ve srovnání s čedarem a mentálem vysoké množství omega-3 CLA a p říznivý poměr omega-6. Sýry od pasoucích se krav obsahují 4krát větší množství CLA než od krav krměných obilím (Obrázek 12) [4][36].



Obrázek 12: Příjem CLA z jedné dávky sýra [36]

CLA je obsažena pouze v tuku, takže lidé, kteří pijí odstředěné mléko, nedostávají skoro žádnou CLA. Proto jsou vhodné polotučné, nikoli nízkotučné výrobky [15].

Při některých technologických postupech výroby sýrů a mléčných výrobků dochází k obohacení CLA ve výsledných produktech. Měkčí sýry zrající asi 3 měsíce mají nejvyšší množství CLA. Delší doba zrání snižuje obsah tohoto prospěšného tuku. Obecně platí, že čím je sýr řezrálejší, tím má nižší obsah CLA [15][40][42].

#### 2.5.4.2 Maso řezvýkavců

Kolem roku 1990 začal pracovat v Parizou Dr. Mark Cook. Podle jeho názoru, ovce, krávy a další podobná zvířata, patřící do skupiny řezvýkavců, poskytují vysokou koncentraci CLA, protože mají jeden žaludek a tři žaludky, kde bakterie fermentují linolovou kyselinu na CLA [12].

V tuků svalů řezvýkavců koncentrace CLA pohybuje od 5 do 15 mg CLA na jeden gram tuku. Přidání syntetické CLA do krmiv monogastrických zvířat (tj. které mají jeden žaludek, například prasata) vedlo k zvýšení hladiny CLA v jejich tukových tkáních [15].

Přestože klokani nejsou regulární řezvýkavci, v jejich předním střevu je potrava také fermentována. Jejich maso je velmi libové, obsahuje pouze 2% tuku, má vysoký obsah proteinu, železa a zinku a poskytuje téměř pětkrát více CLA než jehněčí. Výzkum se vsoučasné době zaměřuje na identifikaci mikroorganismů a podmínek říznivých pro vznik CLA a vyřešení otázky, proč klokani maso je nejbohatším zdrojem. V případě vyřešení problému by bylo možné zvyšovat obsah CLA i v jiných druhích masa a produktech a přispět tak ke zlepšení zdravotního stavu spotřebitelů [19].

### 2.5.5 Snížení CLA v masu

Až donedávna nebyla CLA považována za důležitou živinu a její nedostatek v lidské stravě byl velmi vzácný. Ale se změnami v technologiích živočišné produkce, obav z BSE (bovinní spongiformní encefalopatie) a změnami ve stravovacích zásadách se však příjem CLA dramaticky snížil [15].

Před 40 lety byl v USA obsah CLA v hovězím masu více než 3%. Tradiční stravou dobytka byla totiž čerstvá tráva. Ale s vývojem zemědělství ji nahradilo více účinné a efektivní obilí. V roce 1990 už nedosahoval obsah CLA v průměru ani 1%. Zřejmě kvůli radikálnímu omezení pastevectví a následnému snížení podílu píče v krmivech. V lidské populaci to mělo za následek dramatické zvýšení výskytu obezity a stím spojené zdravotní komplikace [12][15].

Třicet dva čistokrevných býků bylo použito ke zkoumání účinků čtyř stravovacích způsobů (jen pastva, pastva následnými dvěma a čtyřmi měsíci krmiva a pouze krmivo) na složení MK v masu. Obsah MK a CLA isomerů v masu objasnil vliv různých stravovacích režimů na výživnou hodnotu nenasyceného tuku. Hovězí tuk pouze pasoucím dobytka měl nejvyšší nutriční kvalitu [51].

Pasoucí se dobytek poskytuje maso nejen 5krát vyšším obsahem CLA než dobytek krmený obilím, ale i vyšší obsah vitamínu E (o 86%), beta karotenu a omega-3 MK [38][41][43].

Jedna australská studie ukazuje, že dobytek ze země jižního Pacifiku měl více než dvakrát větší obsah CLA než americký skot. Důvodem je rozdíl v krmných postupech [12].

### 2.5.6 Obohacení některých potravin CLA

Díky pozitivním vlastnostem CLA vznikla snaha zvýšit její množství v potravních produktech. Lze říci, že koncentrace CLA v mléku a masu odráží množství CLA vyprodukovaného nebo přitomného v trávicím traktu. U pasoucích se zvířat je hladina CLA v mléce výrazně vyšší než u ustájených zvířat. Jednou z krmných strategií vedoucích ke zvýšení hladiny CLA v tukové tkáni přežvýkavců je zvýšení koncentrace kyseliny linolové v krmivu. Nejvíce tohoto prekursoru CLA obsahují šroty některých cereálií a olejnin, eventuálně oleje z nich získané. Jejich doplněk vede ke zvýšenému ukládání CLA v živočišných tukových tkáních. Přídavek lipidů musí být kombinován s vhodnou dietou, aby nenastala inhibice baktérií. Nejvyššího nárůstu CLA bylo dosaženo při kombinaci lipidů nenasycených MK s dietou s vysokým obsahem vlákniny [15].

### 2.5.7 Chemická výroba CLA

Konjugovaná kyselina linolová (*trans*-9, *trans*-11; *cis*-9, *trans*-11 a *trans*-9, *trans*-11 18:2) může být chemicky získána z alkalicky isomerizovaného linoleátu. Směs, obsahující 72% *cis*-9, *trans*-11 18:2 a 26% *cis*-9, *cis*-11 18:2, byla snadno získána pomocí KOH, který při 80°C katalyzoval dehydrataci ricinolejové kyseliny se 77% účinností při řeměny. Isomery *trans*-10, *cis*-12 mohou být připraveny krystalizací předchozí směsi a močoviny za nízké

teploty. Při přípravě trans,trans-isomerů linolové kyseliny může být také připravena methylační  $\text{BF}_3$ /methanol z kontrolovaných podmínek.

Polohy a konfigurace isomerů CLA, od 7,9- do 12,14-C18:2, byly syntetizovány pomocí následnou isomerací ze směsi bachorové kyseliny a trans-10, cis-12 oktadekadienové kyseliny.

Produkty těchto reakcí se obvykle liší ve složení. Ty se skládají ze směsi různých isomerů, které jsou součástí časné doby prodlávající jak o plněnou výživu [25].

Vědci porovnali účinnost přírodní a syntetické CLA. Jednu skupinu krys krmili směsí másla s přírodním obsahem CLA a druhou skupinu ekvivalentním množstvím syntetickým CLA. Podle očekávání přírodní CLA byla stejně účinná v boji proti růstu nádoru jako CLA vyrobená člověkem. V obou případech se rakovina zredukovala o 50%. Nicméně máslo s přírodní CLA bylo více prospěšné, protože obsahovalo další „dobré“ tuky (kyseliny a vakceny), které bojují také proti rakovině [37].

## 2.5.8 Pozitivní účinky CLA na lidské zdraví

Konjugovaná linolová kyselina má širokou škálu blahodárných účinků. Vyskytuje se v 16 různých molekulových tvarech, které mají různé pozitivní účinky. Isomer CLA *cis-9, trans-11*, který je nejhojnější v masu a mléčných výrobcích, je nejvýšejším bojovníkem proti rakovině. *Trans-10, cis-12* CLA je tímto nejúčinnějším isomerem, který omezuje růst lidských rakovinových buněk. Zároveň zvyšuje růst svalové hmoty, narozdíl od isomeru *cis-9, trans-11* [20][39].

### 2.5.8.1 Snížení hmotnosti

CLA se v dnešní době používá hlavně jako prostředek na hubnutí. Podle dlouholetých výzkumů odborníků z americké univerzity, má CLA tyto prokazatelné účinky:

- tlumí potřeby říjímat nadměrné množství energie (pocit nasycení)
- tlumí růst tukové tkáně v těle
- zvyšuje rychlost metabolismu a tlumí její pokles hlavně v noci (zvyšuje energetický výdej)
- zamezuje odbourávání svalové tkáně v důsledku snížení pohybové energie [19]

Effekt odbourání tukové tkáně a přeměny svalové hmoty není nijak zvlášť rychlý, ale je prokazatelný. CLA se doporučuje používat po dobu 3 měsíců. Dobrovolníci, kteří při pokusech dostávali CLA (v množství asi 3-6g denně) zaznamenali významně větší úbytek tukové tkáně, snížení hladiny cholesterolu a triglyceridů a nárůst svalové hmoty než ti, kteří dostávali placebo. U žen došlo k zlepšení nebo dokonce k úplnému odstranění celulitidy [19][49][50].

Podle svého odborníka na výživu profesora Michaela Parize funguje CLA jako bariéra, která zabráňuje tukům vstoupit do tukových buněk a tím preventivně působí proti jejich zvětšování. Tuk se místo do tukových buněk uloží do buněk svalových, kde se spálí při produkci energie. Preadipocyt (prázdňatuková buňka) se za určitých podmínek plní tukem a

vzniká z n-3 polyunsaturated fatty acids. Fází, kdy se buňky kapalným tukem, lze zrušit užíváním právně CLA. Po CLA tedy přímo nehubneme, ale nepřibíráme tuk, což je zásadní při hubnoucích dietách, kdy je snížení váhy obvykle spojeno se ztrátou vody a svalů, při čemž obsah tuku v těle po dietě obvykle vzroste (tzv. jo-jo efekt) [19].

CLA se vyskytuje jen v tučnějších mléčných výrobcích, proto není vhodná konzumace nízkotučné stravy, která není ani zdravá, protože obsahuje více kalorií a nezdravých tuků a cukrů. Také obsah sodíku přesahuje doporučené množství. Studie Dr. Waltera Willetta prokazuje, že snížený příjem tuků v době delší než rok neovlivnil váhu, naopak v některých případech nízkotučná strava vedla poněkud ke zvýšení tělesné hmotnosti [4].

Funkcí CLA je spíše ochrana před opětovným nabíráním tuků než před jejich přímým spalováním. CLA funguje dokonce i bez doplnění fyzické aktivity, alespoň u cvičení jsou výsledky samozřejmě efektivnější [19].

### 2.5.8.2 Dlouhověkost

Vědci z univerzity v jihopolské Vratislavi došli k zajímavým výsledkům. Zajímali se o to, proč se horale dožívají vysokého věku. Odpovědí je právně CLA. Podle polských vědců je v tuk, který se získá z ovčího mléka, obsah CLA v úbec nejvyšší – přibližně 1,24%. Její přesný obsah se mění podle toho, jakou ovce přijímají potravu [19].

Nové studie ukazují, že krávy pasoucí se v relativně vysoké nadmořské výšce (1100-1900 m. n. m.) mohou produkovat zdravější mléko. Oproti skotu pasoucímu se v nížině obsahuje jejich mléko více omega-3 MK, beta karotenů a především CLA a mnohem méně nasycených tuků. Je to díky rostlinám, které rostou ve vyšších nadmořských výškách a obsahují více omega-3 MK. Tyto živiny z rostlin se dostávají do mléka skotu [44].

Badatelé zjistili, že pokud ovcím naordinují dietu a obohatí potravu o více olejnatých rostlin (např. semínka slunečnice nebo lněná), pak obsah CLA vzroste až nad dvojnásobek [19].

### 2.5.8.3 Protirakovinový účinek

Chemikům z varšavského Institutu pro úmyslové chemie se podařilo najít způsob, jak z ovčího mléka získat co nejvíce CLA. Vratislavští vědci pak vyzkoušeli, jak se látka chová v kontaktu s buňkami zasaženými rakovinou. Ve 100% případů se zastavilo karcinogenní bujení [19].

Bylo prokázáno antikarcinogenní působení v případě rakoviny prsu, kůže, prostaty a střeva. Například ve Finsku vědci měřili hladinu CLA v mateřském mléce u žen s a bez rakoviny prsu. Ženy s vyšším obsahem CLA měly nižší riziko onemocnění. Francouzští vědci měřili CLA v prsní tkáni u 360 žen a výsledek byl stejný. Žena s nejvyšším obsahem CLA měla o 74% nižší riziko rakoviny prsu než žena s nízkým obsahem CLA [15][35].

U krys byl protirakovinový účinek CLA zaznamenán již při koncentraci od 0,1 do 1%. Jedná se o množství jen o málo vyšší než je odhadovaná spotřeba CLA u lidí ve vyspělých zemích. CLA potlačuje rozvoj nezhoubných i zhoubných nádorů. Nebyly zjištěny žádné nepříznivé účinky, dokonce ani při trvalém příjmu CLA [15][34].

Zajímavou vlastností je její schopnost potlačovat tvorbu peroxidů, které jsou výjimečně silnými oxidacími činidly. Ideální antioxidantem ochrany bylazjistě najít při 0,25% CLA v stravě,

zatímco maximální nádorová inhibice byla dosažena až u 1%. Denní dávka ke zmenšení nádorů u 70 kg osoby by měla být 3 gramy. Použití CLA v zroste a tím se zvýší silné antioxidantní a antikarcinogenní účinky.

Po obohacení stravy zvířat 1% CLA bylo zjištěno menší nádory prostaty a také prudké snížení metastázy v plicích. Tyto výsledky podporují další zkoumání CLA a otevření možnosti nových léčebných metod [34].

#### **2.5.8.4 Snížení hladiny cholesterolu a prevence arteriosklerózy**

Byly prokázány pozitivní účinky CLA na snížení hladiny cholesterolu a triacylglycerolů a na arteriosklerózu (kornatění cév). CLA zlepšuje citlivost inzulínu a může tak pomoci při kontrole jeho hladiny. Protože zvýšená hladina inzulínu může podporovat vznik arteriosklerózy, CLA je schopno působit protiletinně.

Šest zdvanácti králíků bylo krmeno stravou obsahující CLA. Jejich krevní tuky byly analyzovány během konci studie. Bylo zjištěno, že mají nižší hladinu LDL (low density lipoprotein, „špatný“ cholesterol) a triacylglycerolů než králíci, kterým nebylo CLA podáváno. Poměr LDL k HDL (high density lipoprotein, „dobrý“ cholesterol) byl značně lepší u králíků ukrmených CLA. Testaortu u těchto králíků ukázal nižší kornatění cév.

Vědci z univerzity v Massachusettsu podávali krávkám stravu obohacenou CLA. Potvrdili nižší celkovou hladinu cholesterolu a také lepší LDL cholesterol a triacylglyceroly. Zaznamenali také zlepšení v živých účinků díky vyššímu poměru tokoferolu (vitamin E) a cholesterolu, což indikuje, že díky CLA se tokoferol uchovává a je k dispozici jako antioxidant.

Antioxidační vlastnosti CLA mohou hrát roli i ve schopnosti pomáhat udržet čisté cévy. CLA se hojně účastní dobuněčných mitochondriálních membrán srdečního svalu. Odté doby, co se srdce spoléhá vícenamastné kyseliny a zejména glukózu jako zdroj své energie, větší množství CLA v srdečním svalu může zlepšit výkonnost transportu a metabolismu tuků v srdečních mitochondriích. Výsledkem je silnější a odolnější srdce v úči poškození stresem [34].

#### **2.5.8.5 Prevence osteoporózy**

Vědci zkoumali vliv kyslíka, včetně káňků. Bylo prokázáno, že přidání CLA upravilo lokální faktory, které řídí metabolismus kostí. Navzdory rostoucímu o prospěšných tucích pro zdraví kostí je nátlak na tuky z oblasti zdravotnictví nepřívětivý. Mnoho žen netuší, že ve své stravě nezahrnují postačující množství zdravých tuků a tím si způsobují osteoporózu [34].

#### **2.5.8.6 Posílení imunitního systému**

Lidé užívající CLA se cítí lépe a jsou méně nachlazení a nemocní. Částečně to lze připisat silným antioxidantním účinkům CLA a částečně její schopnosti povzbudit produkci imunitních buněk.

Snížením produkce určitých složek (např. prostaglandiny) a zlepšením citlivosti na inzulín (zvýšená hladina inzulínu vede ke ztrátě citlivosti imunitního systému), CLA podporuje imunitní systém. Studie ukázaly, že CLA není toxická a zdá se být bezpečnou účinnou látkou, která může být konzumována v relativně vysokých dávkách.

Ptáčka krmená stravou obsahující 0,5% CLA měla silnější imunitu než když byla na běžném krmivu. Zlepšila se její schopnost vyhledávat a zničit bakterie, které chtěly napadnout její imunitní systém. Je odhadováno, že v USA průměrný člověk konzumuje okolo 1 gramu CLA denně, když jí hovězí, jehněčí a sýry, tedy nejlepší zdroj této látky. Optimální denní dávka pro vyšší odolnost imunity je 2-4g CLA [34].

### 2.5.8.7 Další pozitivní účinky

Kromě již zmínovaných je zajímavou schopností CLA potlačení zánětů (artrózy, „tenisové lokty“ atd.) a potravní alergie. Pro sportovce je aterosklerotická a hypertenzivní podpora užitečná a svalové hmoty [19].

Je prokázán i antidiabetický účinek. Výskyt cukrovky typu II., která bývá spojována s nadměrnou tělesnou hmotou, se v Evropě dramaticky zvyšuje. Existují určité poznatky, že CLA má schopnost zefektivnit činnost inzulínu a normalizovat metabolismus glukózy [33].

## 2.5.9 Stanovení CLA v potravinách

Konjugovaná kyselina linolová je složka kyseliny linolové, která je v potravinách obsažena v menší míře než linolová kyselina. Její stanovení v potravinách je obtížné, protože se jedná o složku, která je v potravinách obsažena v menší míře než linolová kyselina. Její stanovení v potravinách je obtížné, protože se jedná o složku, která je v potravinách obsažena v menší míře než linolová kyselina. Její stanovení v potravinách je obtížné, protože se jedná o složku, která je v potravinách obsažena v menší míře než linolová kyselina.

První poznatky o stanovení CLA byly objeveny již kolem roku 1970, kvůli tomu, že bránila analýze esenciálních mastných kyselin [12].

### 2.5.9.1 Plynová chromatografie

Plynová chromatografie (Gas Chromatography – GC) je nejlepší způsob, jak lze rychle kvantitativně určit složení směsi MK v miligramovém množství [23].

GC je fyzikálně-chemická metoda dělení plynů a par, která využívá rozdíl v pohyblivosti mezi dvěma fázemi, nepohyblivou (stacionární) a pohyblivou (mobilní). GC je separační metodou nejen u plynů, ale i všech látek, které se mohou vyskytovat v plynné fázi, tedy veškerých tekutých látek bez ohledu na to, zda jsou kapaliny nebo tuhé látky při laboratorní teplotě, nebo jsou-li to látky organické nebo anorganické. Jestliže stacionární fází je tuhá látka, jedná se o chromatografii plyn-tuhá látka. Pokud je stacionární fází kapalina, jde o chromatografii plyn-kapalina [26].

Do proudu plynu se dává vzorek, který je dále unášen kolonou. Z tohoto důvodu se mobilní fáze nazývá nosný plyn. Vzorek se ihned musí přeměnit na plyn, aby mohl být transportován. V koloně se složky separují na základě odlišné schopnosti poutat se na



stacionární fázi. Detektor indikuje složky, které o pouštějí kolonu. Signál z detektoru se vyhodnocuje. Z časového průběhu intenzity signálu se určuje druh a kvantitativní zastoupení složek[24].

U GC analýzy přírodní CLA by se neměl vyskytovat problém díky vysokému rozlišení moderních kapalných kolon a za předpokladu, že je k dispozici vhodný standard[12].

### 2.5.9.2 Vysokoučinná kapalinová chromatografie

Ve vysokoučinné kapalinové chromatografii (HPLC) je mobilní fáze z kapalina. Na rozdíl od GC rozhodují o separaci složek vzorku nejen jejich interakce se stacionární fází, ale velmi důrazně i mobilní fáze. Mezi mobilní a stacionární fází se analyt rozděluje během separace. Čas, jaký stráví v každé fázi, závisí na afinitě analytu ke každé z nich. Protože je možno pracovat za laboratorní teploty bez nutnosti přehřívání vzorku na plyn, je kapalinová chromatografie vhodná pro separaci tepelně nestálých látek[24].

Důležitou vlastností konjugovaných MK je, že mají výrazné UV spektrum. Například konjugované dieny vykazují charakteristickou absorpční pětici při 234 nm. Když je konjugovaný dien hlavní složkou stanovovaného lipidu, jeho absorpce se obvykle měří snadno. Konjugované MK mohou být přítomny v nízké koncentraci. Absorbancí lze zobrazit široký pás mezi 200 a 300 nm. Tomu lze zabránit analýzou. K vyřešení těchto potíží byla vyvinuta speciální matematická technika. Vylepšené rozlišení výsledků dává užší pásma s minimy namísto maxim. Dvě pásma jsou viditelná z přírodních vzorků, pro trans, trans ve 233 nm a pro cis, trans konjugované dieny ve 242 nm. Lambert-Beerův zákon vylepšil kvantitativní vyjádření, protože není ovlivněn derivací. Tato metoda je nejčastěji používána v kombinaci s reverzní fází HPLC kvůli vlivu separace a identifikace konjugovaných od běžnějších MK.

Konjugované MK mají další zajímavé vlastnosti, které je pomáhají rozeznat. Například, cis, trans konjugovaný dien se chová podobně jako cis monoen na iontově stříbrné tenkovrstvé chromatografii a rozumným výběrem rozpouštědla pro mobilní fázi může být zřetelně separován od ostatních MK.

HPLC je důležitá při separaci polohových isomerů. Byla předvedena separace geometrických polohových isomerů CLA ve formě methylesterů propojením několika kolon v řadě (až šesti), ale našťofšť pro většinu účelů byly dostačující dvě. Jako mobilní fáze je používán 0,1% acetonitril v hexanu s UV detekcí při určité vlnové délce (233 nm). Trans, trans- se eluuje před cis, trans- a poté cis, cis- isomery. V každé skupině jsou polohové isomery v pořadí 1,1,13-; 10,12-; 9,11-a8,10-18:2. Vynikající rozlišení je možné pouze se samostatnou iontově stříbrnou kolonou, když je CLA ve formě fenacyl esterů[12].

### 2.5.9.3 Plynová chromatografie – hmotnostní spektrometrie

Spojení plynové chromatografie a hmotnostní spektrometrie (GC-MS) představuje podstatnou měrou rozvoj hmotnostní spektrometrie a vytvořilo zatím nejefektivnější známou techniku pro analýzu složitých směsí organických látek.

Předností techniky GC-MS je spojení vysoké separační schopnosti plynové chromatografie s identifičnými možnostmi hmotnostní spektrometrie. Z toho vyplývá, že při analýze vzorků

technikou GC-MS získáme dva druhy záznamů, a to chromatogram, který nás zhruba informuje o počtu složek přítomných ve vzorku, a hmotnostní spektra jednotlivých píků, z nichž lze soudit kvalitu složek [46].

Tuto metodu lze aplikovat pro stanovení CLA isomerů. Deriváty dimethyloxazolinu (DMOX), které jsou široce používány pro hmotnostní spektrometrii mastných kyselin obecně, jsou zvláště cenné pro konjugované isomery. Poloha dvojných vazeb je relativně jednoduchá záležitost. Deriváty DMOX mají podobné chromatografické vlastnosti jako methylestery, proto je možné vynikající rozlišení polohových isomerů na polární kapilární koloně. Také sledování vybraných iontů lze použít pro vyčíslení složek, které jsou neúspěšně určeny [12].

#### **2.5.9.4 NMR spektroskopie**

Princip nukleární magnetické rezonance (NMR) spočívá na interakci elektromagnetického vlnění v oblasti krátkovlnného radiového záření s atomovými jádry magnetické látky, resp. selektrony. Při interakci absorbovaná energie způsobuje přechod v nulových magnetických momentů na vyšší energetické stavy. Energie magnetických kvantů této oblasti záření je velmi nízká. NMR je běžně užívanou metodou k vyšetřování struktury a identifikaci všech sloučenin obsahujících vodík, především však látek organických [47].

NMR je snad jediná nejkomplexnější metoda pro stanovení komerční CLA. Je možná identifikace a kvantifikace všech polohových (7,9- do 11,13-18:2) a geometrických isomerů (cis, trans-, trans-, cis, cis, cis- a trans, trans-) přítomných ve vzorcích. Je nejvíce kompletní samostatnou metodou analýzy CLA. Ale bohužel, metoda není vhodná pro přírodní vzorky tkání [12].

#### **2.5.9.5 Kombinované metody**

Kombinované metody slouží k identifikaci a kvantifikaci přírodních CLA isomerů. Může být vhodná izolace C<sub>18</sub> dienu v první frakci reverzní fáze HPLC (CLA eluující s linoleátem) a poté pomocí iontové stříbrné chromatografie k izolaci CLA (v tomto případě CLA eluující s cis-monoenem). Všechny dostupné GC-MS metody mohou být upotřebeny pro charakterizaci isomerů v co největším rozsahu. Tyto metody byly použity k identifikaci tetraenových kyselin (vztahující se k arachidonové kyselině) v živočišných tkáních [12].

#### **2.5.10 Preparáty CLA dostupné na trhu**

Největším zdrojem CLA je hovovězí maso a mléčné výrobky. Během 30 let se návyky stravování velmi změnilly. Jíme více nízkotučných mléčných produktů, které neobsahují prakticky žádnou CLA. Strava dobytka obsahuje více obilí než trávy. Tyto změny vedly k drastickému snížení hladiny CLA v pšiširozené potravě.

Účinný denní příjem CLA pro snížení hmotnosti je podle vědeckých studií 3,4g. Pro dosažení této hodnoty bychom museli zkonzumovat více než sedm liber (tj. asi 3,2kg) hovězího masa nebo skoro čtyři galony (asi 18 litrů) mléka každý den.

Naštěstí v ědci vyvinuli metodu na p řeměnu linolové kyseliny ze sv ětlicového oleje na CLA. V sou ěasn ědob ějenatru široká škála produkt ů obsahujících CLA. Vedoucí zna ěkou nasv ětov ěmtrhu je TONALIN®, který zaru ěuje její nejvyšší kvalitu [30].

Nejlevnější CLA natruhuje v p řepočtu cca. 3 Kč/g. Unás jecena minimáln ě dvojnásobná, cca. od 6 Kč/g [19].

### 2.5.10.1 Bioaktivní C.L.A. Booster

Přípravek *Bioaktivní C.L.A. Booster* (Obrázek 13) je prosp ěšný p ři hubnutí. Díky t ětolátce se vt ěle odbourávají tuky, a ne svalová tká ň. CLA zabra ňuje zp ětn ěmu ukládání tuk ů (jo-jo efektu) a proto je d ůležitou sou ěástí každ ě reduk ění diety. Tím se zásadn ě liší od všech přípravk ů na hubnutí, které jsou na trhu. Navíc obsahuje extrakt ze zelen ěho ěaje, který podporuje metabolismus a ješt ě více zesiluje ů ěinky celkov ěho zešt ěhlení, p ředevším za současn ě pohybov ě aktivity.

Jedna kapsle obsahuje 525 mg CLA, 250 mg extraktu ze zelen ěho ěaje, mastn ě kyseliny ze slunečnicov ěho oleje, želatiny, glycerola a amoniakov ý kar amel. Doporu ěená denní dávka pro dosp ělé je 2-3 kapsle b ěhem jídla [27].



Obrázek 13: Bioaktivní C.L.A. Booster [28]

### 2.5.10.2 CLA-1000

Každá kapsle *CLA-1000* (Obrázek 14) obsahuje 622 mg Tonalin™ CLA, což je čistá forma CLA, která je v sou ěasn ěst ěnejsiln ější natru. CLA-1000 je obohacena o vitamin E, který zabra ňuje oxidaci a dr ňuje kapsle ů ěinn ě siln ě.

Doporu ěená denní dávka je 3-6 kapslí. Na ětyři kapsle p řipadá 897 mg *cis*-9, *trans*-11 isomeru CLA, 897 mg *trans*-11, *cis*-12 isomeru CLA a 16,5 mg vitaminu E [29].



Obrázek 14: CLA-1000 [29]

### 2.5.10.3 CLAPowder

CLA Powder (Obrázek 15) obsahuje Tonalin® CLA, což je přirodní CLA získaná ze světlicového oleje. Jediný proces izolace CLA zaručuje vysoký obsah bioaktivních prvků, které zabezpečují maximální vstřebání CLA v organismu.

Tento produkt je ve formě prášku. Nemá výraznou chuť. Může být konzumován přímo nebo zamíchán do horkého i studeného nápoje. Také může být přidán do jídla, ale před podáním, nikoli již při vaření.

Jedna čajová lžička obsahuje 2,85g CLA, což odpovídá šesti kapslím. Doporučená denní dávka CLAPowderu je 5g (tj. jedna vrchovatá lžička) [31].



Obrázek 15: CLAPowder [31]

### 2.5.10.4 SuperCLA

SuperCLA (Obrázek 16) je doplněk stravy obohacený beta karotenem a vitamínem E. Díky CLA podporuje redukci tuku, má pozitivní vliv na hladinu cholesterolu, fyzickou kondici a má antioxidantní účinek. Také chrání před nepříznivým působením UV záření a zlepšuje kvalitu pokožky. Obsahuje omega-3 MK a další vitamíny.

Jedna kapsle obsahuje 1000mg 80% CLA, 10mg D-alfatokoferolu a 1,8mg beta karotenu. Doporučená denní dávka je jedna kapsle ráno, v poledne a večer před jídlem [52].



Obrázek 16: SuperCLA [52]

### 2.5.10.5 C.L.A.1300FitActive

C.L.A. 1300 FitActive (Obrázek 17) svýtažkem zeleného čaje významně napomáhá odbourávat a spalovat tuky při zachování nebo posílení svalové tkáně. Přeměňuje tuků v energii. C.L.A.: podporuje ztuhování, zpevnování a formování postavy.

Výtažek ze zeleného čaje stimuluje spalování neuloženého tuku a vhodně tak doplňuje CLA, která zpomalením procesu ukládání tuku zvyšuje „nabídku“ tuku ke spálení. Při přípravě také pozitivně ovlivňuje fyziologické funkce cév a srdece a obranyschopnost organismu.

Každá tobolka přípravku obsahuje 900 mg vysoce čistě řebatelné účinné 80% přírodní látky CLA a 100 mg extraktu ze zeleného čaje. Doporučená denní dávka je 2-3 kapsle jednou denně, nejlépe před jídlem nebo během jídla [53].



Obrázek 17: C.L.A. 1300 FitActive [54]

### 2.5.10.6 Aminostar CLA

Aminostar CLA (Obrázek 18) je vhodný potravní doplněk pro zajištění optimálního poměru mezi množstvím svaloviny a tukové tkáně v těle. Zvyšuje nabírání svalové hmoty, přirozenou obranyschopnost organismu, snižuje množství tělesného tuku a vykazuje antikarcinogenní účinky.

Jedna kapsle obsahuje 500 mg CLA, 85 mg vápníku a 2,05 kJ. Doporučená denní dávka je dvě tobolky [55].



Obrázek 18: Aminostar CLA [55]

### 2.5.10.7 Promaxdietní činky

Promaxdietní činky (Obrázek 19) jsou velmi výživné a mají skvělou chuť. Jedna činka (60g) obsahuje 1500mg CLA, 20,3g bílkovin, 125 mg kofeinu, výtažek ze zeleného čaje, vlákninu, jen 10g sacharidů, esenciální MK a soubor živin na podporu správného metabolismu. Celkem obsahuje 208 kalorií. Promax tyčinka je ideální náhradou občerstvení při nedostatku času a mnohem zdravější alternativou rychlého občerstvení. Doporučená denní dávka je maximálně dvě činky [32].



Obrázek 19: Promaxdietní činka [32]

### 2.5.10.8 Další preparáty CLA

Přípravků CLA je na trhu široká škála. Neobsahují nejen CLA, ale jsou obohaceny dalšími vitamíny a prospěšnými látkami. Například *C.L.A. TrioActive 1300* obsahuje výtažek zeleného čaje a organický chrom, který pomáhá optimalizovat hladinu cukru v krvi, potlačuje pocit hladu a výrazně tak pomáhá snižovat tělesnou hmotnost [56].

Dalším preparátem je například *GSC.L.A.2000*. Je obohaceno extraktem zeleného čaje, který obsahuje kofein a podporuje tak odbourávání tuků a pomáhá překonat pocit únavy a hladu. Je rovněž zdrojem antioxidantů, které působí proti škodlivým volným radikálům [57].

*Dymatize CLA* je obzvláště vhodný pro sportovce při zvýšené tělesné zátěži. Užíváním CLA je možno snížit odbourávání svalových bílkovin na minimum a tím rychleji dosáhnout nárůstu svalové hmoty. Je to přípravek firmy Tonalin, která zaručuje nejvyšší kvalitu CLA [58].



Obrázek 20: C.L.A. TrioActive 1300 [56]



Obrázek 21: GSC.L.A. 2000 [57]



Obrázek22:DymatizeCLA[58]

### 2.5.11 PřírodníCLAversuspilulky

Desítky tisíc lidí, kteří chtějí zhubnout nebo zredukovat tělesný tuk, užívají syntetickou verzi CLA. Nová studie ukazuje, že prášky mohou způsobit více škody než užitku. Skupina vědců se usnesla na tom, že pilulky významně nesnižují hmotnost ani tělesný tuk. Bohužel slibné výsledky lze pozorovat pouze u zvířat, ale ne lidí [45].

V nedávných studiích vědci použili čisté samostatné isomery. Tyto studie potvrdily, že účinky CLA jsou specifické jednotlivými isomery. Tyto nejnovější údaje potvrzují poměrně škodlivý efekt *trans*-10, *cis*-12 CLA na krevní tuky a metabolismus tukových a jaterních buňkách [48].

Vědci zjistili, že tento druh CLA je obsažen v prášcích a může způsobit vážné zdravotní komplikace, zahrnující zvrácení jater a snížení hladiny HDL cholesterolu. Zatímco nejhojnější typ CLA (*cis*-9, *trans*-11), který je obsažen v masu a mléčných výrobcích, je zdraví prospěšný. Přírodní CLA byl shledán kvalitnějším než je syntetický protějšek [45].

### 3 ZÁVĚR

Dr. Crawford z Londýnské metropolitní univerzity se dlouhodobě zabývá vlivem omega-tuků na mozkovou činnost. Podle jeho varování bude kolem roku 2020 lidstvo trpět řadou nejčastějšími zdravotními problémy: srdečně-cévními nemocemi, těhotenskými a poporodními poruchami duševních chorobami. Vevše chpřípadech lze tyto nemoci ovlivnit zdravím prospěšnými tuky. Je prokázáno, že západní styl života zvyšuje riziko nejen srdečně-cévních nemocí, rakoviny, cukrovky, ale nyní prudce stoupá i výskyt duševních poruch. Naproti tomu grónští Eskymáci, konzumující velké množství tuků typu omega-3, trpí těmito nemocemi jen zřídka [4].

Potravinářské průmyslové úsilí, aby tuky typu omega-3 byly pronásledovatelně dostupné, jako byly lovcům, kteří tu byli před námi. V budoucnu to pomůže ke správné rovnováze mezi omega-3 a 6 v našem těle. V současnosti si ale tento poměr MK musíme vytvářet sami, a to rovnovážnou stravou založenou na harmonickém poměru zdravých tuků, sacharidů, bílkovin, vitamínů a minerálních látek, které nám zajistí zdravý a dlouhověký život [4][8].

CLA se vyskytuje v několika formách. Zatím není známo, která forma je ve výživě nejúčinnější a která méně. Ale co víme přesně je, že CLA je jedna z nejdůležitějších živin izolovaných v posledních letech, která má mnohopositivní účinky na lidské zdraví, snížení hmotnosti, prevenci rakoviny a účinek, až k prevenci osteoporózy [13].

CLA se nachází hlavně v masném kvasu a v stopovém množství v rostlinných olejích. Její nedostatek v lidské stravě byl vzácný až donedávna, kdy technologický pokrok zasáhl zemědělství a stámsouvislejší způsob chovu dobytka. Rozlehlé pastviny s čerstvou trávou a dalšími rostlinami byly nahrazeny kravinami se suchým senem či obilím, jejichž výživová hodnota zdaleka nedosahuje čerstvé stravy. Tato změna radikálně snížila obsah CLA v masném kvasu a tímto způsobem došlo k dramatickému zvýšení výskytu obezity a dalších zdravotních komplikací.

Řada odborníků se snaží CLA vyrobit. Sice se jim to podařilo, ale nedosáhli 100% účinků jako má přírodní CLA. Mnohé pilulky mohou napáchat více škody než užitku, protože obsahují škodlivý trans-10, cis-12 isomer. Na druhou stranu, kapsle obsahující přírodní CLA by měly být neškodné. Nejúčinnějším a nejčistějším způsobem zvýšení příjem CLA je jíst maso a mléčné výrobky od pasoucích se zvířat.

CLA lze stanovit různými metodami, ale žádná samostatná metoda nemůže splnit všechny podmínky, které mohou být požadovány pro stanovení CLA. HPLC je vhodná pro separaci polohových isomerů. NMR spektroskopie je komplexní metoda pro stanovení konkrétního CLA, ale není vhodná pro přírodní vzorky, které mohou být určeny pomocí GC.

V diplomové práci bych se chtěla věnovat stanovení CLA různými typy chromatografií pomocí plynové chromatografie.



## 4 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Pacák, J. *Jak porozumět organické chemii*. Mojmír Horyna. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2007. 305 s. ISBN 978-80-246-1354-3.
- [2] Velíšek, J. *Chemie potravin I*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 352 s. ISBN 80-90239 1-3-7.
- [3] Růžičková, K., Kotlík, B. *Chemie II. v kostce*. 3. vyd. Havlíčkův Brod: Fragment, 2004. 135 s. ISBN 80-7200-761-0.
- [4] Frej, D. *Zdravé tuky omega*. Ilustrovala Tereza Budilová. Praha: EB, Eva Babičková, 2004. 166 s. ISBN 80-903234-1-3.
- [5] Samková, E., Pešek, M., Špička, J. *Mastné kyseliny mléčné a hotukuskotua faktory jejich zastoupení: Vědecká monografie*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2008. 90 s. ISBN 978-80-7394-104-8.
- [6] Velíšek, J. *Chemie potravin 2*. 1. vyd. Tábor: OSSIS, 1999. 328 s. ISBN 80-90239 1-5-3.
- [7] *Ottova všeobecná encyklopedie*. Vedoucí projektu Jiřina Bulisová. 1. vyd. Praha: Ottovo nakladatelství, 2003. 2 sv. (735, 751 s.). ISBN 80-7181-959-X.
- [8] Felix, C. *Otucích typu omega-3*. Přeložila Lenka Sychrová. Praha: Pragma, 1998. 111 s. ISBN 80-7205-886-X.
- [9] Mourek, J., et al. *Mastné kyseliny omega-3: Zdraví a vývoj*. 1. vyd. Praha: TRITON, 2007. 174 s. ISBN 978-80-7254-917-7.
- [10] Watkins, B. A., Yong, L. *Handbook of Nutraceuticals and Functional Foods*. Edited by Robert E. C. Wildman. [s.l.]: CRC Press, 2001. 469 s. ISBN 0-8493-8734-5.
- [11] Kelley, D., et al. Fatty Acid Profiles of Liver, Adipose Tissue, Spleen, and Heart of Mice Fed Diets Containing T10, C-12-, and C9, T11-Conjugated Linoleic Acid. *Agricultural Research Service* [online]. 2006 [cit. 2009-04-09].
- [12] *The lipid library* [online]. Last updated 2009-04-07 [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.lipidlibrary.co.uk/topics/cla/index.htm>>.
- [13] Williams, L. *CLA: Conjugated Linoleic Acid*. [s.l.]: Woodland Publishing, 1999. 32 s. ISBN 1580540082.
- [14] Roger, J. D. *Vychutnej život: Kniha o zdravé výživě*. 1. vyd. Praha: Advent-Orion, 1999. 215 s. ISBN 80-7172-144-1.
- [15] Kopečný, J. Konjugovaná kyselina linolová – je skutečně tak důležitá?. *OSEL: Objective Source E-Learning* [online]. 2004 [cit. 2009-04-09]. ISSN 1214-6307.

- [16] Kopečný, J. *Konjugovaná kyselina linolová produkovaná baktériami* [s.l.], 2006. Projekt.
- [17] Chardigny, J. M., et al. CLAs, nature, origin and some metabolic aspects. *John Libbey Eurotext* [online]. 2005 [cit. 2009-04-09].
- [18] Drdák, M., et al. *Základy potravinářských technologií*. 1. vyd. Bratislava: Malé centrum, 1996. 512 s. ISBN 80-967064-1-1.
- [19] CLA - konjugovaná kyselina linolová. *Bezsteroidová kultivistika* [online]. 2005 [cit. 2009-04-09].
- [20] Velíšek, J., Cejpek, K. *Biosynthesis of Food Components*. 1st edition. Tábor: OSSIS, 2008. 512 s. ISBN 978-80-86659-12-1.
- [21] Japanese Conference on the Biochemistry of Lipids (JCBL). *LipidBank* [online]. c1989-2007, last updated June 19, 2007 [cit. 2009-04-11].
- [22] 3DMET [online]. [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <[http://www.3dmet.dna.affrc.go.jp/bin2/show\\_data.e?acc=B00672#cansmi](http://www.3dmet.dna.affrc.go.jp/bin2/show_data.e?acc=B00672#cansmi)>.
- [23] Hanahan, D. J., Gurd, F. R. N., Zabin, I. *Chemie lipidů*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství Československé akademie věd, 1964. 300 s.
- [24] Klouda, P. *Moderní analytické metody*. 2. upr. vyd. Ostrava: Pavel Klouda, 2003. 132 s. ISBN 80-86369-07-2.
- [25] *Cyberlipid center* [online]. Last updated 8 April 2009 [cit. 2009-04-11]. Dostupný z WWW: <<http://www.cyberlipid.org/fa/acid0003.htm#1c>>.
- [26] Čůta, F., et al. *Instrumentální analýza*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1986. 296 s.
- [27] *Krása : Vše pro vaši krásu* [online]. [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.krasa.cz/bioaktivni-cla-booster--kapsli---bioaktivni-cla---kapsli-zdarma.html>>.
- [28] *Lékarna* [online]. c1998-2009 [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.lekarna.cz/bioaktivni-cla-1000-booster-cps-80/>>.
- [29] *Maximuscle* [online]. c2009 [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.maximuscle.com/cla1000/>>.
- [30] *Tonalin* [online]. c2009 [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.tonalin.com/content/view/13/29/lang,uk/>>.
- [31] *Nature's Best* [online]. [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <[http://www.naturesbest.co.uk/CLA-\(Conjugated-Linoleic-Aid\)--Natural-Source-CLA-Powder-P351/](http://www.naturesbest.co.uk/CLA-(Conjugated-Linoleic-Aid)--Natural-Source-CLA-Powder-P351/)>.

- [32] *Powerhouse Fitness* [online]. [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.powerhouse-fitness.co.uk/maximuscle-promax-diet-bar-x-12.php>>.
- [33] *EUFIC: The European Food Information Council* [online]. [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.eufic.org/article/en/page/FTARCHIVE/artid/conjugated-linoleic-acids/>>.
- [34] *Midvalleyvu* [online]. c2003, last updated on: March 11, 2009 [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.midvalleyvu.com/CLA.html>>.
- [35] A. Aro et al, Kuopio University, Finland; Bougnoux, P, Lavillonniere F, Riboli E. Inverse relation between CLA in adipose breast tissue and risk of breast cancer. A case-control study in France. *Inform 10* [online]. 1999 [cit. 2009-04-24].
- [36] Dhiman, T.R., Conjugated linoleic acid: a food for cancer prevention. Proceedings from the 2000 Intermountain Nutrition Conference [online]. [cit. 2009-04-24], s. 103-121.
- [37] Ip, C., S. Banni, et al. Conjugated Linoleic Acid-Enriched Butter Fat Alters Mammary Gland Morphogenesis and Reduces Cancer Risk in Rats. *J Nutr* [online]. 1999, vol 129, no 12 [cit. 2009-04-24], s. 2135-2142.
- [38] *Eat Wild* [online]. c2002-2009 [cit. 2009-04-24]. Dostupný z WWW: <<http://www.eatwild.com/index.html>>.
- [39] Information gleaned from abstracts presented at the 91st American Oil Chemists Society April 25-28, 2000 annual meeting. *Special supplement to Inform*, [online]. 2000, vol 11, no 5, [cit. 2009-04-24].
- [40] Chin, et al. Dietary Sources of Conjugated Diene Isomers of Linoleic Acid, a Newly Recognized Class of Anticarcinogens. *Journal of Food Composition and Analysis*, [online]. 1999 [cit. 2009-04-24], s. 185-197.
- [41] Jahreis, G., et al. The potential anticarcinogenic conjugated linoleic acid in milk of different species: cow, goat, ewe, sow, mare, woman. *Nutr Res*, vol 19, [online]. 1999 [cit. 2009-04-24], s. 1541-1549.
- [42] Chin, S.F., et al. Dietary Sources of Conjugated Diene Isomers of Linoleic Acid, a Newly Recognized Class of Anticarcinogens. *Journal of Food* [online]. 1992, vol. 5 [cit. 2009-04-24].
- [43] Leiber, F., et al. Milk from Grass-Fed Cows Higher in Vitamin E. *Lipids* [online]. 2005, vol. 40, no. 2 [cit. 2009-04-24], s. 191-202.
- [44] Hauswirth, C.B., Scheeder, M.R., Beer, J.H. High Omega-3 Fatty Acid Content in Alpine Cheese: The Basis for an Alpine Paradox. *Circulation* [online]. 2004, no. 1 [cit. 2009-04-24], s. 103-107.

- [45] Larsen, T.M., et al. Efficacy and safety of dietary supplements containing conjugated linoleic acid (CLA) for the treatment of obesity-evidence from animal and human studies. *JournalLipidRes.* [online].2003[cit.2009-04-24].
- [46] Churáček, J., et al. *Analytická separace látek*. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1990. 370s.
- [47] Churáček, J., Kotrlý, S. *Analytická chemie II*. 1. vyd. Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická v Pardubicích, 1983. 189s.
- [48] Tricon, S., Yaqoob, P. Conjugated linoleic acid and human health: a critical evaluation of the evidence. *Current opinion in clinical nutrition and metabolic care* [online]. 2006, vol. 9, no. 3 [cit. 2009-04-24], s. 105-110. ISSN 1363-1950.
- [49] Thom, E., et al. Conjugated linoleic acid reduces body fat in healthy exercising humans. *The Journal of International Medical Research* [online]. 2001 [cit. 2009-04-24], s. 392-396.
- [50] Gaullier, J.M., et al. Supplementation with Conjugated Linoleic Acid for 24 months is well tolerated by and reduces body fat mass in healthy, overweight humans. *J.Nutr.* [online]. 2005 [cit. 2009-04-24], s. 778-784.
- [51] Alfaia, C.P.M., et al. Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food Chemistry* [online]. 2009, vol. 114, is. 3 [cit. 2009-04-27], s. 939-946.
- [52] Rudzinskyj, I. *Svět kulturistiky* [online]. c2009 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.svetkulturistiky.cz/shop/super-cla-1.aspx>>.
- [53] *Vitamedic* [online]. [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.vitamedic.cz/eshop/detail.php?idzb=2473>>.
- [54] *DocSimon* [online]. c2007 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.docsimon.cz/zbozi/corectia-c-l-a-1300-fitactive-cps-45>>.
- [55] *Shop kulturistika* [online]. c2008 [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://shop.kulturistika.com/cla/>>.
- [56] *Doplňky výživy* [online]. [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.doplňky-vyzivy.cz/corectia-cla-trioactive-90-tobolek-pletovy-krem-zdarma/d-70385/>>.
- [57] *Dr.Max lékarna* [online]. [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.drmax-lekarna.cz/gs-c-l-a-se-zelenym-cajem-80-cps.html>>.
- [58] *Doplňky-fitness* [online]. [cit. 2009-04-27]. Dostupný z WWW: <<http://www.doplňky-fitness.cz/dymatize-cla-odbouravac-tuku-90-kapsli/d-1038/>>.

## 5 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATK A SYMBOLŮ

AA	Kyselina arachidonová
ALA	Kyselina alfa-linolenová
BSE	Bovinní spongiformní encefalopatie
DHA	Kyselina dokosahexanová
DMOX	Dimethyloxazolin
EPA	Kyselina eikosopentaenová
GC	Gas chromatography, plynová chromatografie
GC-MS	Gas chromatography-mass spectrometry
GLA	Kyselina gamma-linolenová
GLC	Gas-liquid chromatography, plynová chromatografie
HDL	High density lipoprotein
HPLC	Highly performance liquid chromatography, vysokou účinnou kapalinovou chromatografie
HUFA	Highly unsaturated fatty acids, vysocenasycené mastné kyseliny
LA	Kyselina linolová
LDL	Low density lipoprotein
LNA	Kyselina alfa-linolenová
MK	Mastná kyselina
MUFA	Monounsaturated fatty acids, monoenasycené mastné kyseliny
NMR	Nukleární magnetická rezonance
PUFA	Polyunsaturated fatty acids, polyenasycené mastné kyseliny
SFA	Saturated fatty acids, nasycené mastné kyseliny
TGA	Triacylglycerol
WHO	World Health Organization, Světová zdravotnická organizace
$\omega$ -3, $\omega$ -6, $\omega$ -9	Označení skupin vícenasycených mastných kyselin podle polohy první dvojné vazby od methylenové skupiny u uhlovodíkového řetězce

## 6 SEZNAM OBRÁZKŮ

OBRÁZEK 1: OBECNÝ VZOREK KARBOXYLOVÉ KYSELINY [1] .....	8
OBRÁZEK 2: KYSELÁ HYDROLÝZ TRIACYLGLYCEROLU [3] .....	9
OBRÁZEK 3: ALKALICKÁ HYDROLÝZ TRIACYLGLYCEROLU [3] .....	9
OBRÁZEK 4: OBECNÝ VZOREK NASYČENÉ MASTNÉ KYSELINY [5] .....	11
OBRÁZEK 5: OBECNÝ VZOREK MONOENOVÉ MASTNÉ KYSELINY [5] .....	11
OBRÁZEK 6: OBECNÝ VZOREK POLYENOVÝCH MASTNÝCH KYSELIN [5] .....	12
OBRÁZEK 7: METABOLISMUSENČIÁLNÍCH MASTNÝCH KYSELIN [5] .....	16
OBRÁZEK 8: SLOŽENÍ HLAVNÍCH MKOLEJŮ SESTŘEDNĚM VYSOKÝM OBSAHEM KYSELINYLINOLOVÉ (% VEŠKERÝCH MK) [2] .....	22
OBRÁZEK 9: LINOLOVÁ KYSELINA [12] .....	25
OBRÁZEK 10: PŘÍKLAD TVÁŘENÍ CLA ISOMERŮ RADIKÁLOVOU OXIDACÍ KYSELINYLINOLOVÉ [17] .....	25
OBRÁZEK 11: CIS -9, TRANS -11 OKTADKADIENOVÁ KYSELINA [12] .....	26
OBRÁZEK 12: PŘÍJEM CLA Z JEDNÉ DÁVKY SÝRA [36] .....	27
OBRÁZEK 13: BIOAKTIVNÍ C.L.A. BOOSTER [28] .....	35
OBRÁZEK 14: CLA – 1000 [29] .....	35
OBRÁZEK 15: CLA POWDER [31] .....	36
OBRÁZEK 16: SUPER CLA [52] .....	36
OBRÁZEK 17: C.L.A. 1300 FITACTIVE [54] .....	37
OBRÁZEK 18: AMINOSTAR CLA [55] .....	37
OBRÁZEK 19: PROMAXDIETNÍ ČINKA [32] .....	38
OBRÁZEK 20: C.L.A. TRIOACTIVE 1300 [56]    OBRÁZEK 21: GS C.L.A. 2000 [57] .....	38
OBRÁZEK 22: DYMATIZE CLA [58] .....	39