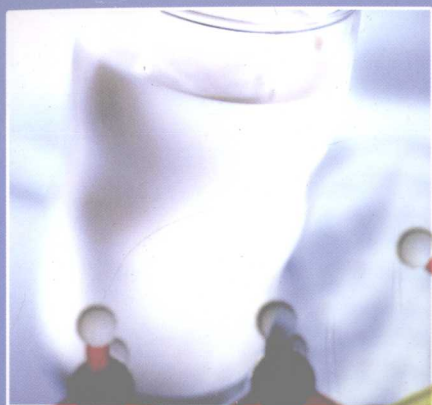




共轭亚油酸（CLA）的功能 及富含天然 CLA 牛奶

主编单位 中国奶业协会
中国农业科学院北京畜牧兽医研究所
国家牛奶质量改良中心
传喜（北京）乳业工程科技发展有限公司

主编 卜登攀

北京大学医学出版社

共轭亚油酸 (CLA) 的功能 及富含天然 CLA 牛奶

主 编 卜登攀

主编单位：中国奶业协会

中国农业科学院北京畜牧兽医研究所

国家牛奶质量改良中心

传喜(北京)乳业工程科技发展有限公司

北京大学医学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

共轭亚油酸 (CLA) 的功能及富含天然 CLA 牛奶/卜登攀
主编. —北京: 北京大学医学出版社, 2008. 8

ISBN 978-7-81116-465-7

I. 共… II. 卜 III. ①共轭 (化学键) —亚
油酸—研究 ②牛奶—食品加工—研究 IV.
0623.612 TS252.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 017365 号

共轭亚油酸 (CLA) 的功能及富含天然 CLA 牛奶

主 编: 卜登攀

出版发行: 北京大学医学出版社 (电话: 010-82802230)

地 址: (100083) 北京市海淀区学院路 38 号 北京大学医学部院内

网 址: <http://www.pumpress.com.cn>

E-mail: booksale@bjmu.edu.cn

印 刷: 北京东方圣雅印刷有限公司

经 销: 新华书店

责任编辑: 安 林 责任校对: 金彤文 责任印制: 张京生

开 本: 850mm×1186mm 1/32 印张: 3.75 字数: 90 千字

版 次: 2008 年 8 月第 1 版 2008 年 8 月第 1 次印刷 印数: 1-5100 册

书 号: ISBN 978-7-81116-465-7

定 价: 10.00 元

版权所有, 违者必究

(凡属质量问题请与本社发行部联系退换)

主 编：卜登攀 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所

国家牛奶质量改良中心

副主编：于淑芝 传喜（北京）乳业工程科技发展有限公司

周凌云 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所

国家牛奶质量改良中心

编著者：于淑芝 卜登攀 黄晓丽 张书义

刘仕军 周凌云 魏宏阳

依靠科技創新
是功能性乳品
是消費者健康的
福音

戊子年夏

劉成傑



前言

共轭亚油酸 (conjugated linoleic acid), 简称为 CLA, 是人体必需脂肪酸-亚油酸的异构体。天然 CLA 主要来源于乳及乳制品、牛羊肉等反刍动物产品。

CLA 因对增进人类健康起着重要的作用而倍受关注。大量的科学研究证明, CLA 具有抗癌、调节脂肪代谢、抗动脉粥样硬化、参与免疫调节和促进骨骼生长等独特的生物活性作用。CLA 是继 α -亚麻酸、二十四碳六烯酸 (DHA) 和二十碳五烯酸 (EPA) 之后又一极具营养价值的功能性脂肪酸, 正成为人类健康营养食品的新宠儿。

美国、加拿大、英国和日本等多个国家肯定了 CLA 的生物活性作用, 并已开始大量用于食品工业。1996 年, 美国国家研究委员会 (NRC) 把 CLA 列为唯一具有抗癌作用的脂肪酸。2006 年, 英国《每日邮报》、美国《纽约时报》和日本《健康产业新闻》先后向国民推荐 CLA 是抗癌的重要营养物质。美国食品与药品管理局 (FDA) 承认 CLA 是食品补充剂, 同时美国食品协会将目前市售的多个富含 CLA 食品列入功能食品, 并提示饮食中摄取 CLA 有益于增进人体健康。

调查结果表明, 我国绝大多数居民没有听说过 CLA, 或者对于 CLA 的功能缺乏了解, 因此, 本书第一章介绍 CLA 的基础知识, 第二章以后详细阐述 CLA 的生理功能。

此外, 人类实际从饮食中摄取的 CLA 十分有限。特别是牛奶消费量较低的我国, 从饮食中摄取的 CLA 非常低, 每天不到 50 毫克, 这一摄入量与 CLA 发挥其生理功能的有效剂量还存在较大的差距。乳及乳制品是人类天然 CLA 的主要食物



来源,且牛奶中的 CLA 具有热加工和贮存过程中安全和稳定的特点。但是普通牛奶中 CLA 含量非常低,因此,开发富含天然 CLA 功能型牛奶,对于弥补人体 CLA 摄入量不足、增强人们抵抗多种疾病的能力具有重要的应用价值。

为了让人们更加深刻的认识富含天然 CLA 功能型牛奶的开发过程和特点,以及 CLA 牛奶对人群健康的重要性,本书第八、九章阐述了天然 CLA 牛奶的生产技术体系及其产业化。



目 录

第一章 新型功能性脂肪酸-CLA	1
第一节 什么是CLA	1
一、必需脂肪酸(EFA)	1
二、亚油酸(LA)	2
三、共轭亚油酸(CLA)	3
第二节 CLA及其生理功能的发现	4
第三节 食品中CLA的含量	6
第四节 人体对CLA摄入量及其安全性	9
第五节 增加人体CLA摄入量的意义	12
第二章 CLA与癌症	13
第一节 癌症的定义与发病因素	13
一、癌症的定义	13
二、引发癌症的环境因素	14
第二节 CLA抗癌功能	15
一、CLA对乳腺癌的抑制作用	15
二、CLA对胃癌的抑制作用	18
三、CLA对皮肤癌的抑制作用	19
四、CLA对其他肿瘤的抑制作用	19
第三节 CLA的抗癌机制	19
一、细胞凋亡学说	19
二、氧化剂学说	20
三、干预类二十烷酸的代谢	20
四、调节细胞增殖周期学说	21
五、其他机制	21



第三章 CLA 与肥胖	22
第一节 肥胖的定义及判定方法	23
一、体质指数	24
二、标准体重	24
三、肥胖类型与慢性疾病	25
第二节 CLA 对肥胖的作用	25
第三节 CLA 降脂作用机制	28
一、调节机体脂肪代谢关键酶的活性	28
二、增加细胞膜的通透性, 促进脂肪细胞的分解	29
三、提高机体的基础代谢率, 消耗更多的热量	29
四、抑制脂肪组织中脂肪细胞分化和诱导脂肪 细胞的凋亡	30
五、调节脂类代谢相关酶基因表达作用	31
第四章 CLA 与高血脂及动脉粥样硬化	33
第一节 高血脂和动脉粥样硬化的定义	34
一、高血脂的定义	34
二、动脉粥样硬化	35
第二节 CLA 调节血脂和抗动脉硬化的作用	35
第三节 CLA 调节血脂和抗动脉粥样硬化的作用 机制	39
第五章 CLA 与糖尿病	40
第一节 糖尿病的定义及其危害	40
一、糖尿病	41
二、如何判断糖尿病	42
三、糖尿病的危害	43
四、胰岛素和胰岛素抵抗	43
第二节 CLA 对预防糖尿病的作用	44
第三节 CLA 对糖尿病可能的作用机制	46

第六章 CLA 与骨质疏松症	48
第一节 骨质疏松的定义及其危害	48
一、骨质疏松症	49
二、骨骼代谢的影响因素	50
第二节 CLA 具有促进骨骼生长、预防骨质疏松 作用	51
第三节 CLA 促进骨骼生长、提高骨密度的作用 机制	52
第七章 CLA 与免疫	53
第一节 免疫力的定义	53
一、免疫力的定义	53
二、人体的免疫系统	53
三、淋巴细胞	54
第二节 CLA 对机体免疫力作用及机制	55
第八章 天然 CLA 牛奶生产技术	57
第一节 CLA 的生物合成途径	57
一、瘤胃氢化形成 CLA	57
二、乳腺组织内源合成 CLA	59
第二节 影响牛奶 CLA 合成的因素	61
一、日粮不饱和脂肪酸影响乳脂 CLA 含量	61
二、日粮不饱和脂肪酸直接调节瘤胃氢化 细菌而影响乳脂 CLA 含量	63
三、奶牛品种和个体差异对乳脂 CLA 合成的影响	68
四、日粮营养结构对 CLA 合成的影响	69
五、粗饲料品质对 CLA 合成的影响	69
六、饲养水平	69
七、日粮不饱和脂肪酸在调控乳脂 CLA 合成时的制约因素	70



第三节	CLA 牛奶生产技术	70
一、	牛奶 CLA 含量的检测技术	71
二、	牛奶 CLA 合成机制研究	72
三、	奶牛个体筛选技术	72
四、	提高牛奶 CLA 含量的营养调控技术	73
第九章	CLA 牛奶及其产业化生产	75
第一节	构建 CLA 牛奶产业标准化体系	75
第二节	CLA 牛奶加工特性及营养特性	77
一、	CLA 牛奶的加工特性	77
二、	CLA 牛奶的附加特性	77
三、	CLA 牛奶的营养特性	78
四、	CLA 牛奶与人体必需的脂肪	79
五、	CLA 牛奶与人体所需的优质蛋白质	80
六、	CLA 牛奶与乳糖的摄取	81
七、	CLA 牛奶与人体维生素的摄取	81
八、	CLA 牛奶与人体的科学补钙	82
第三节	CLA 牛奶与人体健康	83
一、	CLA 牛奶与孕妇的健康	83
二、	CLA 牛奶对儿童青少年的影响	84
三、	CLA 牛奶对亚健康的作用	86
四、	CLA 牛奶对中老年人健康的影响	87
五、	CLA 牛奶对慢性病患者作用	88
第四节	对 CLA 牛奶的科学认识及产业化前景	90
一、	对 CLA 牛奶的科学认识	90
二、	CLA 牛奶的产业化前景	92
附件 1:	CLA 牛奶关键技术突破及成果	93
附件 2:	传喜 (北京) 乳业工程科技发展有限公司简介	94
附件 3	主要参考文献	96

第一章 新型功能性脂肪酸—CLA

第一节 什么是CLA

一、必需脂肪酸 (EFA)

脂肪酸与人体健康密切相关。脂肪酸按照碳链上双键的个数被分为饱和脂肪酸、单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸。饱和脂肪酸是指碳链上没有双键，而单不饱和脂肪酸是指碳链上只有一个双键的脂肪酸。多不饱和脂肪酸 (PUFA) 又叫做多烯酸，是指分子结构中含有 2 个或 2 个以上双键的脂肪酸。多不饱和脂肪酸在人体中发挥着重要的作用，具有防止心血管疾病，抵抗炎症，增强免疫力，抗癌，延缓衰老，增强视力和促进大脑发育等多种生理功能。多不饱和脂肪酸主要包括两类，一类是 $\omega-6$ 系列的脂肪酸，另一类是 $\omega-3$ 系列的脂肪酸，如图 1-1 所示

必需脂肪酸 (essential fatty acid, 简称为 EFA) 是指人和动物体内不能够自身合成或者合成的数量不能满足机体的需要，必须从食物中获得的脂肪酸。必需脂肪酸是磷脂的重要组成部分，而磷脂又是细胞膜的主要组成成分，对维持细胞膜的完整性和发挥正常功能起着重要的作用；必需脂肪酸是合成磷脂和前列腺素的原料，还与精子细胞的生成有密切关系；必需脂肪酸还参与胆固醇代谢，促进胆固醇的分解和加速其排出体外，防止胆固醇在肝和血管壁上沉积。如果我们长期摄取不含

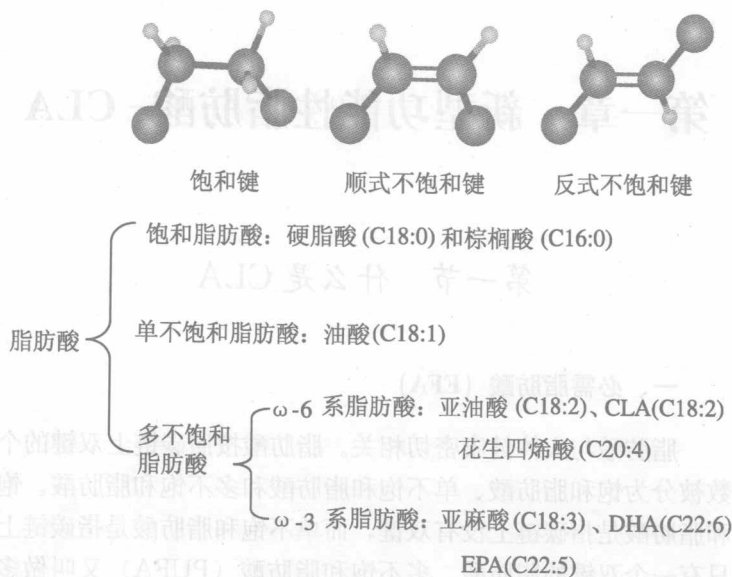


图 1-1 脂肪酸的分类

必需脂肪酸的膳食,就会出现必需脂肪酸缺乏症,可引起生长缓慢、生殖障碍、发生皮炎和伤口难以愈合;另外,还可引起肝、肾、神经和视觉等器官发生病变。同时,近些年的研究表明,短链脂肪酸和多不饱和脂肪酸 (PUFA) 对人类健康有益,而如果摄食过多月桂酸 (C12:0)、肉蔻酸 (C14:0) 和棕榈酸 (C16:0) 等饱和脂肪酸容易提高血液胆固醇的水平,进而容易导致动脉硬化而引发冠心病 (CHD) 等疾病。

二、亚油酸 (LA)

亚油酸 (linoleic acid, 简称为 LA) 是维持人体健康的必需脂肪酸,是合成前列腺素的重要前体物质,人体所需要的亚油酸只能从食物中获得。亚油酸分子中含有 18 个碳原子和 2 个双

键,所以叫做十八碳二烯酸,属多不饱和脂肪酸。亚油酸分子结构中,碳链上第9个碳原子和第12个碳原子上各有一个双键,且亚油酸中含有双键的碳原子上的两个氢原子都处于碳链的同一边,我们把这种结构叫做“顺式结构”。因此,亚油酸又叫做“顺9,顺12-十八碳二烯酸”,或者简写为c9, c12-LA。

三、共轭亚油酸 (CLA)

共轭亚油酸 (conjugated linoleic acid, 简写为 CLA) 即共轭十八碳二烯酸,是亚油酸的一组构象和位置异构体,这些异构体的共同特征是存在“共轭双键”,即两个双键直接通过一个碳-碳单键连接,没有被亚甲基隔开,因此这类结构的亚油酸叫“共轭亚油酸”。CLA 的双键在碳链上有多种位置排列方式,如 9、11, 10、12 和 11、13,每种位置上根据双键两边的氢原子又存在 cis-cis (顺-顺式), cis-trans (顺-反式)、trans-cis (反-顺式) 和 trans-trans (反-反式) 等 4 种构象异构体。在人类和动物中起主要作用的 CLA 异构体为 c9t, 11CLA 和 t10, c12CLA, 其结构如图 1-2。

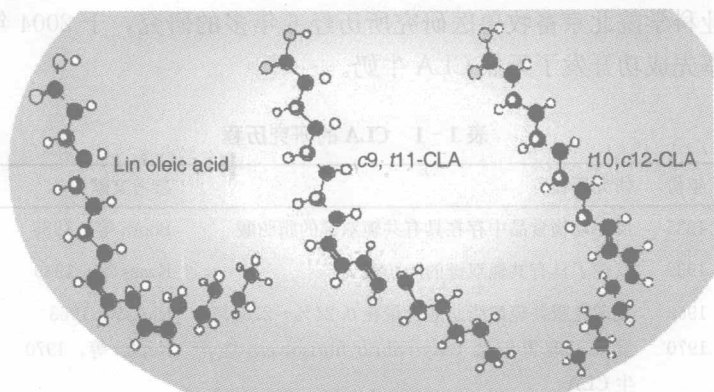


图 1-2 CLA 及 LA 异构体结构

第二节 CLA 及其生理功能的发现

关于 CLA 的研究起始于 20 世纪 30 年代。早在 1935 年, Booth 等人报道了放牧奶牛乳脂中存在具有共轭双键的脂肪酸。1963 年又有研究报道乳脂中共轭烯脂肪酸的含量为 0.24%~2.81%, 并于 1977 年确认了该共轭烯脂肪酸主要为 c9, t11CLA。到 20 世纪 70 年代, 一些学者研究发现瘤胃溶纤维丁酸弧菌 (*Butyrivibrio fibrisolvens*) 能够利用亚油酸转化 CLA 的证据, 为此, 后来的一些学者将 c9, t11CLA 称为牛源酸或者瘤胃酸。

CLA 生理功能的发现始于 20 世纪 80 年代。1978 年, 美国威斯康星大学食品研究所的科学家们在研究烤碎牛肉中是否含有致癌物质时, 偶然发现了一种具有抗癌作用的成分, 直到 20 世纪 80 年代末 (1987 年) 确定了该抗癌成分为 CLA (c9, t11CLA), 此后, 关于 CLA 的生物学作用及天然富集方面的研究已在世界多个国家陆续展开, 见表 1-1。其中, 中国农业科学院北京畜牧兽医研究所历经 6 年多的研究, 于 2004 年率先成功开发了天然 CLA 牛奶。

表 1-1 CLA 的研究历程

年份	研究历程	参考文献
1935	反刍动物食品中存在具有共轭双键的脂肪酸	Booth 等, 1935
1939	发现了具有共轭双键的脂肪酸	Krass 等, 1939
1963	发现乳脂共轭烯脂肪酸含量在 0.24%~2.81%	Riel 等, 1963
1970	发现了瘤胃细菌 <i>Butyrivibrio fibrisolvens</i> 能产生 CLA	Kepler 等, 1970
1973	发现了油脂加工过程中能产生 CLA	Carpenter 等, 1973

续表

年份	研究历程	参考文献
1979	发现了牛肉中存在抑制癌变的未知因子,并提出是否具有抑制癌变的假说	Pariza 等, 1979
1985	证明有机溶剂提取碎牛肉后的内容物能够抑制肿瘤生长	Pariza 等, 1985
1987	发现了 CLA 并确定 CLA 是一种抗癌剂	Pariza 等, 1987
1991	发现 CLA 能抑制小鼠乳腺癌	Ip 等, 1991
1992	公布天然食品中 CLA 含量分布	Chin 等, 1992
1993	证实 CLA 具有促进生长的作用	Cook 等, 1993
1994	发现 CLA 改善养分利用率和增强体质	Kepler 等, 1994
1996	证实 CLA 具有降低体脂的作用	Pariza 等, 1996
1997	将 CLA 舒名牛源酸, 证实乳脂 CLA 的内源合成途径	McGurie 等, 1997; Griinari 等, 1997
1998	将 CLA 命名瘤胃酸, 并且检测到乳脂含 19 种 CLA 异构体	Kramer 等, 1998; Sehat 等, 1998
1997	商业 CLA 产品出现 (Tonalin)	PharmaNutrients
1999	开始了 CLA 的临床应用研究	Thom 等, 1997
1999	开始了 CLA 天然富集、作用机制方面的研究	
2004	天然 CLA 牛奶问世	中国农业科学院北京畜牧兽医研究所

(引自卜登攀, 2006)

研究结果证实, CLA 除了具有显著的抗癌作用外, 还在调节脂肪代谢、参与免疫调节和促进生长等方面具有独特的生物活性作用 (图 1-3), 是继 α -亚麻酸、EPA、DHA 之后又一种更具有应用价值的功能性物质, 对增进人体健康起着重要的作用, 在国际上引起了极大的关注。

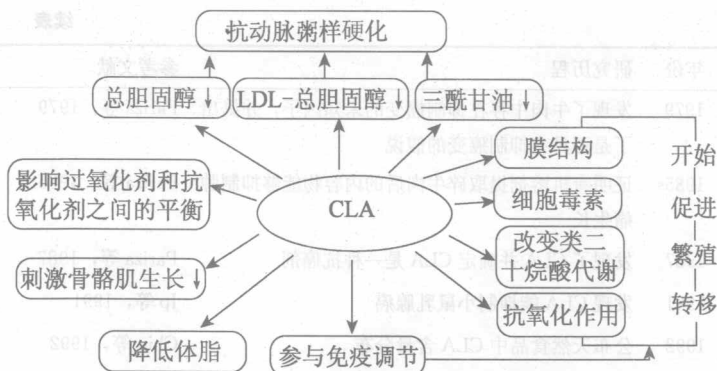


图 1-3 CLA 的生物学作用 (引自卜登攀, 2006)

第三节 食品中 CLA 的含量

尽管目前 CLA 异构体也能由亚油酸或富含亚油酸的植物油, 如红花油、大豆油或玉米油等通过皂化和丙烯乙二醇异构化等途径获得, 但人类膳食中 CLA 主要来源于反刍动物产品, 反刍动物乳脂及肉产品中 CLA 占总脂肪量约为 0.3%~0.7%, 但 CLA 异构体间的浓度差异比较大, 并且不同动物品种和不同日粮类型间也存在差异。

在乳制品中, c9, t11 CLA, t10, c12 CLA 和 t9, t11 CLA 占 89% 以上, 其中 c9, t11 CLA 异构体占乳脂中总 CLA 的 90% 以上, 平均含量为 6mg/g。商品牛奶和奶制品中, CLA 的平均含量占脂肪含量的 0.53% (范围为 0.34%~1.07%)。在液态奶中, CLA 的平均含量占脂肪的 0.53% (范围为 0.34%~0.80%)。乳酪中 CLA 的含量主要取决于乳中 CLA 的含量, 在各种类型的奶酪中, CLA 含量占脂肪的 0.34%~1.07%, 平均为 0.50%。发酵类乳制品 (包括黄油), CLA