

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2018.04.006

文章编号:2095-6002(2018)04-0041-05

引用格式:杨普煜,张虹,刘浚辰,等. Sn-2 棕榈酸酯对婴幼儿健康的促进作用[J]. 食品科学技术学报,2018,36(4):41-45.



YANG Puyu, ZHANG Hong, LIU Junchen, et al. Review of Sn-2 palmitate implications for infant health[J]. Journal of Food Science and Technology, 2018,36(4):41-45.

Sn-2 棕榈酸酯对婴幼儿健康的促进作用

杨普煜¹, 张虹², 刘浚辰¹, 胡晋语¹, 万建春²,
张亚琼^{1,*}, 俞良莉^{3,*}

(1. 上海交通大学农业与生物学院, 上海 200240;

2. 丰益(上海)生物技术研发中心有限公司, 上海 200137;

3. 马里兰大学营养与食品科学系, 美国 马里兰 20742)

摘要: 母乳是公认的婴幼儿生命初期最理想的食物,能够提供婴幼儿生长发育所需的全面营养成分。近年来,国内外研究者逐渐意识到母乳脂肪中棕榈酸特异性的酯化位置(约70%的棕榈酸酯化在甘油三酯的 Sn-2 位)对婴幼儿健康具有重要的促进作用。以母乳为黄金标准,通过对婴幼儿配方乳粉中 Sn-2 棕榈酸酯的比例进行调整,可明显提高婴幼儿配方乳粉的营养和生理功能。介绍了 Sn-2 棕榈酸酯对促进婴幼儿体内脂肪酸和矿物质营养物质的吸收,提高骨骼生长速度及骨矿物质含量及密度,促进肠道益生菌的生长,减少婴儿啼哭,促进大脑发育方面的积极作用。

关键词: Sn-2 棕榈酸酯; 棕榈酸; 婴幼儿配方乳粉; 甘油三酯; 母乳

中图分类号: TS201.4; TS252.1; Q547

文献标志码: A

母乳是公认的婴幼儿生命初期最理想的食物,含有婴幼儿生长发育所需的全面营养成分。母乳中含3%~5%的脂肪,其中甘油三酯占98%以上,这些脂肪能提供婴幼儿生长发育45%~60%的能量和必需脂肪酸^[1]。研究表明,棕榈酸是母乳脂肪中最重要的饱和脂肪酸,其含量约占母乳总脂肪酸含量的17%~25%;并且棕榈酸在母乳脂肪中具有高度特异性的酯化位置分布,约70%的棕榈酸酯化在甘油三酯的 Sn-2 位,而一些不饱和脂肪酸如油酸、亚油酸等则主要分布在甘油三酯的 Sn-1 和 Sn-3 位^[2]。当母乳进入人体后,其中的脂肪会被脂肪酶消化水解,而脂肪酶特异性地水解 Sn-1、Sn-3 位脂肪酸,生成游离的不饱和脂肪酸和 Sn-2 单棕榈酸甘油酯。Sn-2 单棕榈酸甘油酯很容易被肠道吸收,并通过淋巴系统进入血液循环,进而转化成婴儿所需

要的能量与营养^[3]。与之相比,存在于植物油、牛乳和非乳脂肪中的棕榈酸主要酯化在甘油三酯的 Sn-1 和 Sn-3 位上,它们在小肠内被脂肪酶水解后大多形成游离的棕榈酸,因棕榈酸熔点(63℃)高于人的体温,在小肠的酸性环境下容易和钙、镁等矿物质发生皂化反应,形成不溶的皂化盐,进而被排出体外,这就大大降低了人体对脂肪的吸收利用效率^[4]。

随着社会的发展,越来越多的母亲由于工作或身体原因不能进行母乳喂养,需要选择合适的婴幼儿配方乳粉作为母乳的替代品,来满足婴幼儿生长发育的需要。因此,以母乳为黄金标准,使婴幼儿配方乳粉具有和母乳更相似的组成与生理功能一直是人们研究的热点。近些年,国内外研究者不仅关注于如何让婴幼儿配方乳粉在脂肪酸组成和含量上无

收稿日期:2017-11-06

基金项目:国家自然科学基金资助项目(31501479);国家高技术研究发展计划项目(863计划)(2013AA102202)。

作者简介:杨普煜,男,博士研究生,研究方向为食品营养;

*张亚琼,女,副研究员,主要从事功能食品与食品营养方面的研究,通信作者;

*俞良莉,女,教授,博士生导师,主要从事食品安全与营养方面的研究,通信作者。

限接近于母乳,而且更加聚焦于婴幼儿配方乳粉中甘油三酯的 *Sn-2* 棕榈酸比例对婴幼儿健康的影响^[5]。因此,本文介绍了 *Sn-2* 棕榈酸酯对婴幼儿体内营养物质的吸收、骨骼健康、肠道有益菌群生长、婴儿行为和大脑发育方面的积极作用,旨在为进一步提高婴幼儿配方乳粉的营养和生理功能提供科学依据。

1 *Sn-2* 棕榈酸酯对婴幼儿营养物质吸收的影响

脂肪酸是婴幼儿成长的能量来源,也是他们成长过程中一类重要的营养物质。婴幼儿对脂肪酸的吸收效率与甘油三酯的结构,尤其是甘油三酯中 *Sn-2* 棕榈酸的含量有着极其密切的关系。大量研究表明^[5-6],与母乳喂养的婴幼儿相比,富含 *Sn-1* 与 *Sn-3* 棕榈酸酯的植物油制成的婴幼儿配方乳粉喂养的婴幼儿,体内脂肪酸的吸收效率低;且被脂肪酶水解下来的游离棕榈酸,易与肠道内矿物质,主要为二价阳离子(如钙离子等)形成不溶性的脂肪酸钙皂^[7],从而导致脂肪酸和钙的双重流失。因此,近些年人们开始关注如何提高婴幼儿配方乳粉喂养的婴幼儿体内脂肪酸及矿物质等营养物质的吸收,诸多研究表明,通过提高婴幼儿配方乳粉中甘油三酯的 *Sn-2* 棕榈酸的含量可以促进上述营养物质在体内的吸收^[8]。

Lucas 等^[9]给刚出生的婴儿分别喂食了 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为 8.4%、27.8% 和 73.9% 的配方乳粉,利用化学分析和双示踪技术对他们粪便样品中的钙含量进行测定。结果发现:喂食 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为 73.9% 配方乳粉的婴儿,其粪便中钙皂含量明显降低,而且这种作用与乳粉中 *Sn-2* 棕榈酸酯的含量呈负相关性。Carnielli 等^[10]选取了 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为 9.8% 和 58% 的二种配方乳粉,分别喂养 12 个早产婴儿一周后,测定其粪便中的脂肪酸和矿物质含量。结果发现,喂食 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为 58% 的配方乳粉,婴儿粪便中不溶性脂肪酸钙皂排出量大大幅度减少,且粪便中棕榈酸与钙排出量呈正相关性。上述研究结果说明,提高婴幼儿配方乳粉中 *Sn-2* 棕榈酸酯的含量可以明显提高肠道对长链饱和脂肪酸棕榈酸和钙的吸收效率。Carnielli 等^[11]还进行了交叉喂养实验,分别给早产儿喂食 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为 9.8% 和 58% 的乳粉 1 周后,再交叉喂养 1 周。结果显示,当喂食 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为

58% 的配方乳粉,早产儿血浆中的棕榈酸含量明显提高;而当更换喂食 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为 9.8% 的配方乳粉,早产儿血浆中的棕榈酸含量又随之降低。棕榈酸在肠道被吸收后,会以磷脂、胆固醇、甘油三酯和游离脂肪酸等代谢产物形式存在于血浆中^[12],因此,血浆中棕榈酸含量的增高也进一步说明了 *Sn-2* 棕榈酸酯可促进肠道对棕榈酸的吸收。López-López 等^[13]的交叉喂养实验也得到了类似的结果。此外,Nowacki 等^[14]和 Bongers 等^[15]分别对年龄在 3~20 周的婴儿进行了两批新配方乳粉的喂养,这两批新配方乳粉,*Sn-2* 棕榈酸酯的含量均从 10% 增加至 40%,同时还分别额外添加了低聚果糖或益生元低聚糖。通过对婴儿数周喂养后的粪便硬度进行检测,两组研究者皆得到了类似的结果,即喂食高 *Sn-2* 棕榈酸酯含量与添加低聚糖乳粉的婴儿,其粪便的硬度显著降低,且 *Sn-2* 棕榈酸酯与低聚糖具有协同作用。

提高婴幼儿配方乳粉中 *Sn-2* 棕榈酸酯的含量可有效地提高婴幼儿肠道对脂肪酸和矿物质类营养物质的吸收,从而减少排泄带来的营养流失。

2 *Sn-2* 棕榈酸酯对婴幼儿骨骼健康的影响

钙是婴幼儿成长所必需的矿物质,有助于其骨骼的健康发育。大量研究已表明^[5,8],提高甘油三酯中 *Sn-2* 棕榈酸含量能提高肠道内钙的吸收,进而影响婴幼儿骨生长速度、骨密度、骨矿物质含量和骨长度等骨骼发育的关键指标。

Litmanovitz 等^[16]以 3 个月的婴儿为研究对象,将婴儿分为 3 组,分别接受母乳、*Sn-2* 棕榈酸酯含量为 14% 和 43% 的配方乳粉的喂养,并采用超声法(sound of speed, SOS)来衡量婴儿骨骼的发育情况。在喂养 0 周和 6 周后,各组婴儿的 SOS 值并无显著差异;待喂养 12 周后,研究者发现,喂养 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为 43% 的婴儿配方乳粉组的婴儿骨骼 SOS 值为 2 896 m/s,显著高于喂养 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为 14% 的婴儿配方乳粉组婴儿骨骼的 SOS 值(2 825 m/s),且与母乳喂养组婴儿骨骼的 SOS 值(2 875 m/s)相差较小。该结果表明婴幼儿配方乳粉中 *Sn-2* 棕榈酸酯含量的增加,可促进婴儿骨骼的发育。Kennedy 等^[17]以 6 周和 12 周的婴儿为研究对象,分别喂食了母乳(120 位婴儿),*Sn-2* 棕榈酸酯含量为 12% (103 位婴儿)和 50% (100 位婴儿)的

配方乳粉12周。通过单光子吸收和双能X射线吸收测定法分别测定了所有婴儿的径向和全身骨矿物质含量,结果显示 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为50%的婴儿组具有更高的骨矿物质含量。同样的, Fewtrell 等^[18]使用双能X射线吸收测定法研究母乳喂养和 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为50%的婴儿配方乳粉对骨重量的影响,并选取 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为12%的婴儿配方乳粉作为对照组。在喂养10~12周后,对一部分婴儿进行了为期10年的跟踪观察,测定他们的骨矿物质含量和密度。结果发现,母乳喂养与含有50% *Sn-2* 棕榈酸酯含量的配方乳粉喂养的受试者之间骨骼质量没有差异,但含有50% *Sn-2* 棕榈酸酯的婴儿配方乳粉表现出增加婴幼儿成长期内骨矿物质含量和密度的趋势。Barmaisels 等^[19]在最新的研究中发现,喂食雄性 Sprague Dawley 大鼠(SD大鼠)含量为53%的 *Sn-2* 棕榈酸酯饲料9 d后,相比对照组(13% *Sn-2* 棕榈酸酯),该组大鼠的肱骨长度、骺板厚度及高度都显著增加。

提高婴幼儿配方乳粉和动物饲料中 *Sn-2* 棕榈酸酯的含量,可进一步促进婴幼儿和试验动物骨骼的发育,而这种对骨骼发育的积极作用可能与 *Sn-2* 棕榈酸酯提高肠道对脂肪酸和矿物质的吸收有直接关联。

3 *Sn-2*棕榈酸酯对婴幼儿肠道健康的影响

肠道不仅是机体消化和吸收的器官,还是人体中最大的免疫器官。婴幼儿是处于特殊生长发育阶段的一类群体,其自身免疫系统发育尚未完善,因此促进婴幼儿的肠道健康就显得尤为重要。近些年,研究人员发现, *Sn-2* 棕榈酸酯会对肠道菌群的组成产生影响,而肠道菌群的种类又与肠道健康密切相关^[20]。

Yaron 等^[21]通过随机分配含有44%和14%的 *Sn-2* 棕榈酸酯的配方乳粉,喂养0~7 d 婴儿6周后,定量检测粪便中需氧与兼性厌氧菌。结果发现,喂食含有44%的 *Sn-2* 棕榈酸酯配方乳粉组,婴儿粪便中有益菌乳杆菌和双歧杆菌数量明显增加。Yao 等^[22]在双盲随机实验中也发现了类似的结果,即接受含有36%的 *Sn-2* 棕榈酸酯喂养的婴儿与对照组(12% *Sn-2* 棕榈酸酯)相比,其肠道内具有更多的双歧杆菌和乳杆菌;而且他们还推测 *Sn-2* 棕榈酸酯可能是通过提高这些益生菌的含量,降低肠道内 pH

值,从而间接促进了婴儿体内矿物质的吸收效率。此外,通过给实验动物喂食含 *Sn-2* 棕榈酸酯的饲料,也同样会影响其肠道内菌群的种类。Wan 等^[23-24]选用3周龄的SD大鼠作为研究对象,使用16S rRNA高通量测序技术评估大鼠粪便中微生物组成,结果发现含量为56.3%的 *Sn-2* 棕榈酸酯与对照组(12.1% *Sn-2* 棕榈酸酯)相比,可提高肠道中的短链脂肪酸的含量,进而促进乳杆菌属的生长;且其与二十二碳六烯酸(docosahexenoic acid, DHA)或二十碳四烯酸(arachidonic acid, ARA)具有协同作用,可更进一步抑制产 H_2S 气体的脱硫弧菌属的生长,进而表现出促进宿主肠道健康的积极作用。Lu 等^[25]在对 *Muc2* 基因缺失小鼠的研究中发现,含量为50.4%的 *Sn-2* 棕榈酸酯饮食与其他两组(6.3%和11.0% *Sn-2* 棕榈酸酯)相比,能通过诱导免疫抑制性 Treg 细胞应答,上调 Foxp3, Tgf β 1, Ebi3 等 T 细胞活性调节因子的基因表达,从而限制肠黏膜损伤并控制结肠炎的发生。

提高婴幼儿配方乳粉和动物饲料中 *Sn-2* 棕榈酸酯的含量,可促进婴幼儿和试验动物肠道内有益菌的生长,同时降低有害微生物的相对丰度,减少肠道相关炎症,进而有效促进宿主肠道的健康。

4 *Sn-2*棕榈酸酯对婴幼儿行为的影响

婴幼儿啼哭是受外源或内源性刺激后的本能反应,在婴儿早期,有大约40%的啼哭发生在16:00—22:00,直至3个月后,才在一天中平均分布^[26]。近年来,有研究认为婴儿啼哭部分是由于粪便硬度过大导致的腹部不适而造成的,而粪便硬度又与粪便中脂肪酸皂钙的排出有密切关联^[27];因此,研究者对婴儿配方乳粉中 *Sn-2* 棕榈酸酯的含量与婴儿啼哭的关系进行了研究。

Litmanovitz 等^[28]将刚出生的婴儿随机分为3组,分别接受高 *Sn-2* 棕榈酸酯含量的配方乳粉(44% *Sn-2* 棕榈酸酯)、标准植物油混合物配方乳粉(14% *Sn-2* 棕榈酸酯)和母乳喂养,喂养6~12周,在此期间家长记录婴儿的啼哭行为。当喂养到第6周后,研究人员发现植物油组婴儿哭泣的百分比(88.2%)远高于母乳组(55.6%)和高 *Sn-2* 棕榈酸酯组(56.3%);而喂养至第12周时,同样的结果又出现了,植物油组婴儿哭泣的百分比(91.7%)远高于母乳组(40%)和高 *Sn-2* 棕榈酸酯组(50%)。研究结果表明,通过提高配方乳粉中 *Sn-2* 棕榈酸酯

的含量可显著减少刚出生婴儿的啼哭次数,以及其下午、傍晚的啼哭时间,而且能缩小与母乳喂养组的差别。

Savino 等^[29]选取小于4个月的婴儿为研究对象,分别喂养含量为24%和7%的两组 *Sn-2* 棕榈酸酯配方乳粉,并记录下喂养6周和12周期间的婴儿啼哭行为。结果发现,喂养含24%的 *Sn-2* 棕榈酸酯配方乳粉的婴儿啼哭频率明显低于含7%的 *Sn-2* 棕榈酸酯配方乳粉组。

5 *Sn-2*棕榈酸酯对婴幼儿大脑发育的影响

近年来,在一些动物实验研究中发现, *Sn-2* 棕榈酸酯可参与调节神经系统的部分生理活动,如具有保护神经系统,缓解疼痛敏感性和抵抗炎症等作用,进而推测其可能对婴幼儿大脑发育具有一定的积极作用^[30]。

Carta 等^[31]将40只雄性 Wistar 大鼠随机分为两组,分别喂食 *Sn-2* 棕榈酸酯含量为87%和18.8%的饲料,喂养5周后,处死大鼠,取其脂肪、小肠、肝脏、肌肉和脑等组织,进行脂质、内源性大麻素和其同源物的分析。结果发现,大鼠脑部与肝脏组织中的油酰乙醇胺含量与 *Sn-2* 棕榈酸酯含量呈正相关性。油酰乙醇胺具有抑制肝脏脂肪沉积,调控多巴胺在人体的平衡,以及增强记忆力等生理作用。

6 结论与展望

甘油三酯中 *Sn-2* 棕榈酸含量的增加,可提高婴幼儿体内脂肪酸以及矿物质(主要是二价钙离子)类营养物质在肠道内的吸收;增加骨生长速度、骨骼矿物质含量及密度,促进骨骼健康;增加肠道有益菌群的数量,降低肠道炎症,促进肠道健康;减少婴儿啼哭时间和频率;促进婴儿大脑发育。关于 *Sn-2* 棕榈酸酯营养和生理功能的相关生物学机制以及各种功能之间的相互关联目前仍然研究较少,特别是作为一种能促进肠道对脂肪酸吸收的甘油三酯, *Sn-2* 棕榈酸酯是否会在基因和蛋白层面调控体内脂质代谢通路,也是非常值得进一步深入研究的内容;此外,基于对 *Sn-2* 棕榈酸酯生理功能的生物学机制研究,我们也希望发现 *Sn-2* 棕榈酸酯一些新的生理功能,为今后进一步开发功能性食品提供有力的科学依据。

参考文献:

- [1] 杜芳芳,李建平,郑晓辉,等. 母乳及婴幼儿配方乳粉中脂肪酸的组成及分布特点[J]. 食品科学, 2015, 36(11): 245-250.
DU F F, LI J P, ZHENG X H, et al. Characteristics of fatty acid composition and distribution in human milk and infant formulas[J]. Food science, 2015, 36(11): 245-250.
- [2] TOMARELLI R M, MEYER B J, WEABER J R, et al. Effect of positional distribution on the absorption of the fatty acids of human milk and infant formulas[J]. Journal of Nutrition, 1968, 95(4): 583-590.
- [3] CARLIER H, BERNARD A, CASELLI C. Digestion and absorption of polyunsaturated fatty acids[J]. Reproduction Nutrition Development, 1991, 31(5): 475-500.
- [4] BERENHAUSER A C, CRISTINA P D P A, SILVA R C D, et al. Fatty acid composition in preterm and term breast milk[J]. International Journal of Food Sciences & Nutrition, 2012, 63(3): 318-325.
- [5] HAVLICEKOVA Z, JESENAK M, BANOVCIN P, et al. Beta-palmitate: a natural component of human milk in supplemental milk formulas[J]. Nutrition Journal, 2015, 15(1): 28-35.
- [6] SMALL D M. The effects of glyceride structure on absorption and metabolism[J]. Annual Review of Nutrition, 1991, 11(11): 413-434.
- [7] QUINLAN P T, LOCKTON S, IRWIN J, et al. The relationship between stool hardness and stool composition in breast- and formula-fed infants[J]. Journal of Pediatric Gastroenterology & Nutrition, 1995, 20(1): 81-90.
- [8] MILES E A, CALDER P C. The influence of the position of palmitate in infant formula triacylglycerols on health outcomes[J]. Nutrition Research, 2017, 44: 1-8.
- [9] LUCAS A, QUINLAN P, ABRAMS S, et al. Randomised controlled trial of a synthetic triglyceride milk formula for preterm infants[J]. Archives of Disease in Childhood Fetal & Neonatal Edition, 1997, 77(3): 178-184.
- [10] CARNIELLI V P, LUIJENDIJK I H, GOUDOEVER J B V, et al. Feeding premature newborn infants palmitic acid in amounts and stereoisomeric position similar to that of human milk: effects on fat and mineral balance[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1995, 61(5): 1037-1042.
- [11] CARNIELLI V P, LUIJENDIJK I H, VAN BEEK R H, et al. Effect of dietary triacylglycerol fatty acid positional distribution on plasma lipid classes and their fatty acid composition in preterm infants[J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1995, 62(4): 776-781.

- [12] 商允鹏, 生庆海, 王贞瑜, 等. 三酰甘油 *Sn-2* 位上棕榈酸生理功能及研究概况 [J]. 中国粮油学报, 2010, 25(10): 119–123.
SHANG Y P, SHENG Q H, WANG Z Y, et al. Physiological functions of triglyceride *Sn-2* position palmitic acid [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2010, 25(10): 119–123.
- [13] LÓPEZ-LÓPEZ A, CASTELLOTE-BARGALLÓ A I, CAMPOY-FOLGOSO C, et al. The influence of dietary palmitic acid triacylglyceride position on the fatty acid, calcium and magnesium contents of at term newborn faeces [J]. Early Human Development, 2001, 65(5): 83–94.
- [14] NOWACKI J, LEE H C, LIEN R, et al. Stool fatty acid soaps, stool consistency and gastrointestinal tolerance in term infants fed infant formulas containing high *Sn-2* palmitate with or without oligofructose: a double-blind, randomized clinical trial [J]. Nutrition Journal, 2014, 13(1): 105–115.
- [15] BONGERS M E, LORIEN F D, REITSMA J B, et al. The clinical effect of a new infant formula in term infants with constipation: a double-blind, randomized crossover trial [J]. Nutrition Journal, 2007, 6(1): 8–14.
- [16] LITMANOVITZ I, DAVIDSON K, ELIAKIM A, et al. High beta-palmitate formula and bone strength in term infants: a randomized, double-blind, controlled trial [J]. Calcified Tissue International, 2013, 92(1): 35–41.
- [17] KENNEDY K, FEWTRELL M S, MORLEY R, et al. Double-blind, randomized trial of a synthetic triacylglycerol in formula-fed term infants: effects on stool biochemistry, stool characteristics, and bone mineralization [J]. American Journal of Clinical Nutrition, 1999, 70(5): 920–927.
- [18] FEWTRELL M S, KENNEDY K, MURGATROYD P R, et al. Breast-feeding and formula feeding in healthy term infants and bone health at age 10 years [J]. British Journal of Nutrition, 2013, 110(6): 1061–1067.
- [19] BARMAISELS M, GABET Y, SHAMIR R, et al. Beta palmitate improves bone length and quality during catch-up growth in young rats [J]. Nutrients, 2017, 9(7): 764–779.
- [20] NIERS L, STASSEWOLTHUIS M, ROMBOUTS F M, et al. Nutritional support for the infant's immune system [J]. Nutrition Reviews, 2007, 65(1): 347–360.
- [21] YARON S, SHACHAR D, ABRAMAS L, et al. Effect of high β -palmitate content in infant formula on the intestinal microbiota of term infants [J]. Journal of Pediatric Gastroenterology & Nutrition, 2013, 56(4): 376–381.
- [22] YAO M, LIEN E L, CAPEPING M R, et al. Effects of term infant formulas containing high *Sn-2* palmitate with and without oligofructose on stool composition, stool characteristics, and bifidogenicity [J]. Journal of Pediatric Gastroenterology & Nutrition, 2014, 59(4): 440–448.
- [23] WAN J, HU S, NI K, et al. Characterisation of fecal soap fatty acids, calcium contents, bacterial community and short-chain fatty acids in Sprague Dawley rats fed with different *Sn-2* palmitic triacylglycerols diets [J]. Plos One, 2016, 11(10): e0164894.
- [24] WAN J, HU S, JACOBY J J, et al. The impact of dietary *Sn-2* palmitic triacylglycerols in combination with docosahexaenoic acid or arachidonic acid on lipid metabolism and host faecal microbiota composition in Sprague Dawley rats [J]. Food & Function, 2017(8): 1793–1802.
- [25] LU P, BARYOSEPH F, LEVI L, et al. High beta-palmitate fat controls the intestinal inflammatory response and limits intestinal damage in mucin *Muc2* deficient mice [J]. Plos One, 2013, 8(6): e65878.
- [26] BARYOSEPH F, LIFSHITZ Y, COHEN T. Review of *Sn-2* palmitate oil implications for infant health [J]. Prostaglandins Leukotrienes & Essential Fatty Acids, 2013, 89(4): 139–143.
- [27] NEWMAN J D. Neural circuits underlying crying and cry responding in mammals [J]. Behavioural Brain Research, 2007, 182(2): 155–165.
- [28] LITMANOVITZ I, BARYOSEPH F, LIFSHITZ Y, et al. Reduced crying in term infants fed high beta-palmitate formula: a double-blind randomized clinical trial [J]. BMC Pediatrics, 2014, 14(1): 1–6.
- [29] SAVINO F, PALUMERI E, CASTAGNO E, et al. Reduction of crying episodes owing to infantile colic: a randomized controlled study on the efficacy of a new infant formula [J]. European Journal of Clinical Nutrition, 2006, 60(11): 1304–1310.
- [30] 贝斐, 孙建华. 人乳甘油三酯 *Sn-2* 棕榈酸结构的生理作用 [J]. 国际儿科学杂志, 2014, 41(1): 58–60.
BEI F, SUN J H. The physiological function of palmitic acid content at *Sn-2* position of triglyceride in human milk [J]. International Journal of Pediatrics, 2014, 41(1): 58–60.
- [31] CARTA G, MURRU E, LISAI S, et al. Dietary triacylglycerols with palmitic acid in the *Sn-2* position modulate levels of N-acyl ethanolamides in rat tissues [J]. Plos One, 2015, 10(3): e0120424.

Study on Properties of Fish Gelatin/Sodium Alginate Composite Gelation

LIU Fenghua, LIU Jialin, CHEN Hao*, WANG Jiong, YANG Mengxuan, YAO Yao
(College of Marine, Shandong University (Weihai), Weihai 264209, China)

Abstract: In order to improve the properties of single fish gelatin, different mass concentrations of sodium alginate were composited with fish gelatin to prepare the composite gelation. Subsequently apparent characteristics, chromatic values, and rheological properties were investigated and single fish gelatin was adopted as the contrast. According to the results, the elasticity of the single fish gelatin was improved and the network structure was much better with the increasing fish gelatin mass concentrations (0.06–0.10 g/mL). The single gelation was particularly brittle and fragile at the mass concentration of 0.06 g/mL and 0.07 g/mL while the composite gelation had good mechanical properties and formability generally. The gelation strength increased steadily along with the increase of sodium alginate mass concentration (ranging from 0.01 to 0.03 g/mL). It could be concluded that the addition of sodium alginate could improve the properties of the gelation. This study investigated the properties of different composite gelations, which could provide more theoretical basis for the practical application of the two compounds.

Keywords: fish gelatin; sodium alginate; composite gelation; rheological properties; chromatic values

(责任编辑:张逸群)

(上接第45页)

Review of Sn-2 Palmitate Implications for Infant Health

YANG Puyu¹, ZHANG Hong², LIU Junchen¹, HU Jinyu¹, WAN Jianchun²,
ZHANG Yaqiong^{1,*}, YU Liangli^{3,*}

1. School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China;
2. Wilmar (Shanghai) Biotechnology Research & Development Center Co Ltd, Shanghai 200137, China;
3. Department of Nutrition and Food Science, University of Maryland, College Park, MD 20742, USA)

Abstract: Human milk provides the optional balanced nutrition for the growing infant after birth. In recent years, researchers are gradually aware that the specific esterification position of palmitic acid in human milk (about 70% of palmitic acid esterified in the Sn-2 position of triglycerides) has an important role in promoting infant health. With human milk as the gold standard, the nutritional and physiological functions of infant formula can be significantly improved by mimicking the proportion of Sn-2 palmitate of human milk in infant formula. This paper reviews the important role of Sn-2 palmitate for infant health, such as benefiting fatty acids and minerals absorption, bone growth rate, mineralization and strength, intestinal flora, infant crying, and brain development.

Keywords: Sn-2 palmitate; palmitic acid; infant formula; triacylglyceride; breast milk

(责任编辑:叶红波)