

DHA 藻油对酸奶品质的影响

黄巍峰, 郑晓辉, 曾远平, 纪传炮, 陈蝶玲

(广东润科生物工程有限公司, 广东汕头 515000)

摘要: 通过在搅拌型酸奶中加入DHA藻油, 对制成的酸奶成品的感官、DHA含量、酸价、过氧化值等指标进行了评价、测定。结果表明, 在原味酸奶中添加DHA藻油(DHA净添加量在0.25 mg/g原料以内)不会对酸奶的外观、滋气味、口感产生明显影响; DHA净添加量为0.25~2.20 mg/g原料的酸奶样品, 在整个生产过程及30 d的保质期内, DHA损失率最高为11.66%, 在1d至30 d的储存过程中, DHA损失率最高为5.46%。DHA净添加量在2.20 mg/g原料的酸奶样品, 其酸价和过氧化值在30 d的保质期内没有发生明显变化; 此外橙味香精、草莓味香精、芒果香精对添加DHA藻油的酸奶产品风味有较好地修饰作用, 其中橙味香精最为明显。

关键词: DHA藻油; 酸奶; DHA含量; 酸价; 过氧化值; 应用

文章编号: 1673-9078(2013)7-1615-1619

Effect of DHA Algal Oil on the Quality of Yoghurt

HUANG Wei-feng, ZHENG Xiao-hui, ZENG Yuan-ping, JI Chuan-pao, CHEN Die-Ling

(Guangdong Runke Biological Engineering Co., Ltd., Shantou 515000, China)

Abstract: The application of DHA algal oil in the stirred yoghurt were investigated by determination of sensory properties, DHA content, acid value, peroxide value of the yoghurt added with DHA algal oil. Results showed that addition of DHA algal oil (net DHA content within 0.25 mg/g weight of raw materials) had little effect on the appearance, aroma and flavor, taste of the yoghurt. the highest loss rate of DHA of the yoghurt added with DHA algal oil (net DHA content from 0.25 to 2.20 mg/g weight of raw materials) was 11.66% after the total production process and a 30-d storage. The highest DHA loss rate of the yoghurt during storage from 1 d to 30 d was 5.46%. During the 30-d storage, the acid and peroxide values of the yogurt added with DHA algal oil (net DHA content 2.20 mg/g weight of raw materials) were not very significantly different from that without adding DHA algal oil. In addition, orange, strawberry and mango flavors had good modification effects for the yogurt products added with DHA algal oil, of which the orange flavor showed the best effect.

Key words: DHA algal oil; yoghurt; DHA content; acid value; peroxide value; application

DHA (Docosahexenoic acid), 二十二碳六烯酸, 俗称脑黄金, 是一种对人体非常重要的多不饱和脂肪酸, 属于Omega-3不饱和脂肪酸家族中的重要成员, 它是大脑、神经和视觉细胞中重要的脂肪酸成分, 对人体生理功能的正常发挥及多种疾病的防治有着重要作用, 如对婴幼儿的神经系统、视网膜、智力、认知能力的发育以及增加免疫力都有较好的促进作用, 在婴幼儿大脑和视觉系统发育过程中占有十分重要的地位^[1-6]。

来源于海洋微藻的DHA藻油(DHA algal oil)是DHA的一种重要来源, 在2010年3月被国家卫生部批准为新资源食品, 是一种新型的脂质食品原料, 在国内的调制乳、食用油、保健食品、蛋糕、饮料等食品领域进行了广泛的应用^[7]。酸奶是以牛乳为原料经灭菌、冷却、接种发酵而制成的产品。随着对酸奶和乳酸菌

收稿日期: 2013-03-02

作者简介: 黄巍峰(1981-), 男, 食品工程师, 主要从事食品添加剂应用研究和功能性食品的开发

进一步研究, 酸奶的众多保健作用被人们发现, 例如降血糖、降血脂酸奶、抗肠道感染等^[8]。与牛乳相比, 酸奶的营养成分更趋完善和更易消化吸收, 内含的乳糖被部分分解成半乳糖和葡萄糖, 后者进而转化为乳酸等有机酸。酸奶中还含有细胞壁外多糖、矿物质、芳香物质、呈味物质等。这些物质在提供机体营养、调节肠道微生态、促进人体健康方面都起着重要作用^[9]。为此在原有酸奶的保健基础之上添加具有多种保健功能的DHA藻油, 将具有更好的市场前景和现实的经济价值。考虑到酸奶在低温下储存的实际情况, 以及DHA藻油与其微胶囊包埋粉剂的性价比, 本文主要研究了添加DHA藻油对搅拌型酸奶产品的外观、滋气味、口感、DHA含量及其稳定性、酸价、过氧化值等指标的影响, 并使用食用香精对添加DHA藻油酸奶产品的风味进行了修饰试验, 为DHA藻油在搅拌型酸奶中的应用提供科学数据和应用依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

DHA 藻油 (DHA 含量 $\geq 35.0\%$), 广东润科生物工程有 限公司; 全脂奶粉, 新西兰乳品有限公司; HS-871 酸奶乳 化稳定剂, 广州合诚实业有限公司; 菌种 YC-380, 丹 麦科·汉森有限公司; 食用香精 (橙味、芒果味、草莓 味), 国际香精香料; 白砂糖、酸奶塑胶杯、热封复合 膜, 均为市售。

GR-202 电子分析天平, 日本 A&D 公司; JJ500 型精密电子天平, 美国双杰兄弟有限公司; JJ-6 恒速 电动搅拌机, 江苏省金坛市医疗仪器厂; MXP-A500G 高速乳化剪切机, 上海沐轩实业有限公司; SSW 型微 电脑电热恒温水槽, 上海博迅实业有限公司医疗设备 厂; YB 60-65 型高压均质机, 上海东华高压均质机厂; HH-W600 三用恒温水浴箱, 江苏省金坛市医疗仪器 厂; PHS-25 型酸度计, 上海雷磁仪器厂; 7890 型气 相色谱仪, Agilent 公司; DB-23 毛细管柱, J & W Scientific 公司。

1.2 实验方法

1.2.1 酸奶制作工艺

DHA 藻油、食用香精

↓

蔗糖、乳化稳定剂→混合→溶解→加入复原乳→剪切→均 质→杀菌→冷却→接种→发酵→搅拌→冷却 (20℃以下)→灌 装→封口→冷藏→成品

1.2.1.1 复原乳液制

用水将全脂奶粉配制成 10~20% 的乳液, 在 55~65℃ 水合 30 min, 然后用 100 目滤布过滤备用。

1.2.1.2 溶解

将白砂糖、酸奶乳化稳定剂进行干混, 均匀后加入 60~70℃ 热水进行溶解, 保温 30 min, 使乳化稳定 剂溶解充分; 然后按配比再缓缓加入制备的复原乳液, 使其混合均匀。

1.2.1.3 剪切

添加 DHA 藻油或食用香精, 用少许其他乳液与 其进行蘸混, 然后加入到已混合均匀的乳液中, 再进 行剪切操作, 剪切速度为 7000 rad/s, 时间为 3~5 min。

1.2.1.4 均质

均质一次, 压力 25 MPa, 温度 60~65℃。

1.2.1.5 杀菌

将均质后的乳液加热至 95℃, 保温 5 min。

1.2.1.6 接种、发酵

将杀菌后的乳液, 快速冷却到 42~44℃, 加入菌 种, 密封, 然后在 43℃ 的水浴箱中进行保温发酵, 当 其 pH 达到 4.5 时, 视为发酵终点, 即可取出。

1.2.1.7 搅拌、冷却、灌装

将发酵好的酸奶进行搅拌, 均匀后用冰水迅速冷 却至 20℃ 以下, 灌装、封膜, 然后放入冰箱中进行 冷藏 (2~6℃), 即得到酸奶成品。

1.2.2 感官评价

在酸奶样品中添加 DHA 藻油 (DHA 净添加量分 别为 0.05、0.10、0.15、0.20、0.25、0.30、0.35、0.40 mg/g 原料, 总共 8 组样品), 经由 6 人组成的感官品 评小组对在冰箱中储存 1、21、30 d 的酸奶样品的气 味、口感、滋味进行评测, 并与空白样品 (未添加 DHA 藻油) 进行对照, 按 0 无藻腥味; 1 有极轻微藻腥味, 2 轻微藻腥味, 3 重藻腥味进行评分评定。另对所有的 酸奶样品的外观进行目测对比评价。

1.2.3 DHA 含量的测定

1.2.3.1 数值计算

DHA 净添加量以单位质量的酸奶原料中含有的 纯 DHA 量计, 酸奶成品所检测的 DHA 含量以单位质 量的酸奶成品中含有的纯 DHA 量计。DHA 理论添加 量是指在整个酸奶原料中含有的纯 DHA 总量, 在经 过整个制造工艺后, 减去相关的 DHA 损耗 (如在设 备、器具上的 DHA 损失, 不含工艺过程中热处理、 空气氧化等的损失), 然后根据制成的酸奶成品总质 量, 最后换算成以单位质量的酸奶成品中应含有的纯 DHA 量。

1.2.3.2 DHA 含量测定方法

酸奶制作完成后, 在保质期内, 对酸奶中的 DHA 含量采用企业标准^[10-11]中指定的气相色谱法进行测 定, 每个样品做 2~3 个平行, 结果以平均值表示。具 体步骤如下:

(1) 样品前处理

称样品重约 2 g (准确至 0.0001 g, 视样品中 DHA 的含量不同而定) 于试管中, 加入 9 mL 热水 (60~70℃) 充分混合后加入 25% 氨水 1 mL, 60℃ 水浴 15 min, 冷却至室温; 加入无水乙醇、乙醚和石 油醚 (2:1:1) 混合剂 30 mL 充分搅拌或振荡, 并于 4000 r/min 条件下离心 3 min, 上层有机相并入烧杯中, 水 相再用 5 mL 乙醚和 5 mL 石油醚重复上述操作浸提、 离心, 上层有机相合并与烧杯中, 水浴减压蒸干或氮 气吹干除去溶剂, 溶剂充分除尽后, 残留脂肪用正庚 烷按稀释定容到 10 mL (V), 移取 2 mL 置于螺口试管 中, 加入 4 mol/L 氢氧化钾-甲醇溶液 0.5 mL, 旋紧盖 子, 充分振荡 1 min 以上, 静止 10 min 至反应液分层 澄清; 如果有有机层混浊, 可离心使之澄清; 吸取上层 有机层液进样, 进样量为 0.5~1 μL 。

(2) 标准液的制备

称取二十二碳六烯酸甘油三酯标准品约 0.1 g (准

确到 0.0001 g), 定容至 50 mL, 制成约 2 mg/mL 标准品储备液, 再取 5 mL 储备液定容至 50 mL, 制成约 0.2 mg/mL 使用液, 移取 2 mL 置于螺口试管中, 加入 4 mol/L 氢氧化钾—甲醇溶液 0.5 mL, 旋紧盖子, 充分振荡 1 min 以上, 静止 10 min 至反应液分层澄清; 如果有有机层混浊, 可离心使之澄清; 吸取上层有机层液, 即为二十二碳六烯酸 (DHA) 标准液。

(3) 系统适应性条件

毛细管柱 DB-23 (30 m×0.25 mm×0.25 μm), 进样温度 250 °C, 检测温度 250 °C, 柱流速 2 mL/min, 初始温度为 150 °C, 以 10.0 °C/min 升温至 180 °C, 再以 6.0 °C/min 升温至终点温度 220 °C, 保持 6 min。

(4) 定量测定

注射一定量的标准液进入气相色谱仪, 得到 DHA 的峰面积 A_i ; 注射等体积的样品待测液进入色谱仪, 得到样品中 DHA 的峰面积 B_i

(5) 结果表述

$$\text{样品中DHA的含量 (mg/g)} = \frac{B_i C_{si} V}{A_i W}$$

注: B_i —样品中组分 i (DHA) 对应峰面积; C_{si} —标准液中组分 i 的质量浓度, mg/mL; V —待测样品稀释的体积, mL; A_i —标准液中组分 i 的峰面积; W —样品的质量, g。

1.2.4 酸奶中 DHA 的稳定性研究

通过改变酸奶中的 DHA 藻油添加量 (DHA 净添加量分别为 0.25、0.50、1.00、1.50、2.20 mg/g 原料, 另加空白对照样品, 总共 6 组样品), 测定制成酸奶样品在冰箱中储存 1、21、30 d 的 DHA 含量, 通过与相对应的理论添加量比较, 得出不同储存期的 DHA 损失率, 然后对其稳定性进行评价。DHA 损失率的计算公式为:

$$\text{DHA损失率} = \left(1 - \frac{\text{样品的DHA检测含量}}{\text{样品中的DHA理论添加量}}\right) \times 100\%$$

DHA 损失率试验结果数据均用平均值±标准差表示。并采用 SPSS20 软件中应用一般线性模型 (GLM) 进行双因素方差分析, 对相关数据的差异显著性进行检验, $p < 0.05$ 认为具有显著性差异, $p > 0.05$ 认为没有显著性差异。

1.2.5 酸价的测定

酸奶样品 (添加 DHA 藻油, DHA 净添加量为 2.20 mg/g 原料) 制作完成后, 在 30 d 保质期内, 对酸奶成品的酸价 (以脂肪计) 进行取样检测, 每个样品做 2~3 个平行, 结果以平均值表示, 检测方法参考 GB 5009.37-2003。

1.2.6 过氧化值的测定

酸奶样品 (添加 DHA 藻油, DHA 净添加量为 2.20

mg/g 原料) 制作完成后, 在保质期内, 对酸奶成品的过氧化值 (以脂肪计) 进行取样检测, 每个样品做 2~3 个平行, 结果以平均值表示, 检测方法参考 GB 5009.37-2003。

1.2.7 味道修饰试验

在酸奶 (添加 DHA 藻油, DHA 净添加量分别为 0.25、0.30、0.40、0.50、0.60、0.70、0.80 mg/g 原料) 中添加橙味、芒果味及草莓味香精, 样品制作完成后。经由 6 人组成的感官品评小组对添加和不添加食用香精的 DHA 藻油酸奶样品在冰箱中储存 1、21、30 d 的气味、口感、滋味进行评测, 按 0 无藻腥味; 1 有极轻微藻腥味, 2 轻微藻腥味, 3 重藻腥味进行评分, 然后对滋气味修饰试验结果进行评价。

2 结果与讨论

2.1 添加 DHA 藻油对酸奶感官品质的影响

按 1.2.2 规定的试验方法对添加了 DHA 藻油的酸奶样品在储存 1、21、30 d 后进行感官评价, 结果见表 1。

表 1 样品感官评价结果

Table 1 Results of sensory evaluation

储存 时间/d	添加 DHA 藻油的酸奶样品									
	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
21	0	0	0	0	0	0	1	1	2	
30	0	0	0	0	0	0	1	2	2	

注: DHA 净添加量: mg/g 原料; 添加 DHA 藻油的酸奶样品为 0.00 是表示空白样, 下同。

由表 1 可知, 在刚生产出来 1 d 的原味微藻 DHA 酸奶中, DHA 净添加量为 0.35 mg/g 原料以上的样品在滋气味、口感上会有极轻微藻腥味, 在储存 21、30 d 后, DHA 净添加量在 0.25 mg/g 原料以内的样品都未出现藻腥味, 感官品质比较稳定; DHA 净添加量在 0.25 mg/g 成品以上的样品都出现了极轻微或轻微藻腥味。另外在对所有添加 DHA 藻油酸奶样品的外观色泽上与空白对照样品进行比较, 都无明显差别。因此在原味酸奶中, 添加 DHA 藻油不会对产品的外观色泽造成影响, 但考虑在滋气味、口感方面的不良影响, DHA 净添加量不宜超过 0.25 mg/g 原料。

2.2 酸奶生产和放置过程中 DHA 的稳定性

对空白酸奶对照样品存放 1、21、30 d 中的 DHA 含量进行了检测, 结果显示在所有空白对照样品中均未检出 DHA。在酸奶中按照试验设计添加 DHA 藻油 (DHA 净添加量分别为 0.25、0.50、1.00、1.50、2.20 mg/g 原料, 总共 5 组样品), 对其在储存 1、21、30 d

的 DHA 含量进行了测定, 结果见图 1。

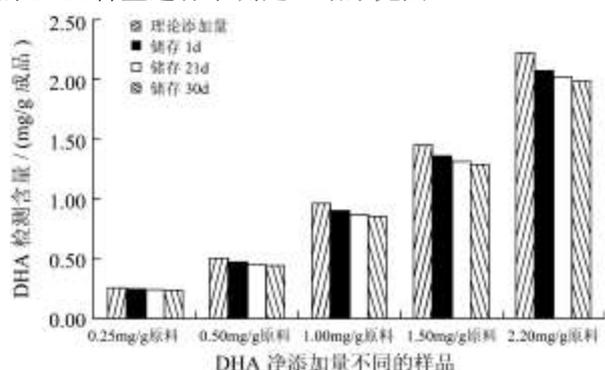


图 1 DHA 净添加量不同的酸奶样品放置 30d 内的 DHA 含量分析

Fig.1 Analysis of DHA content in the yoghurt with with different DHA net adding amount during 30 days storage

通过对添加不同 DHA 净添加量放置 1、21、30 d 的 DHA 藻油酸奶样品中的 DHA 含量进行检测, 得出了相关的 DHA 含量检测结果, 然后与其相对应的理论添加量进行比较, 得出不同酸奶样品在不同储存期的 DHA 损失率, 并对 DHA 损失率数据之间的差异显著性进行了检验, 结果见表 2。

表 2 酸奶样品在储存 30d 内的 DHA 损失率 (%)

Table 2 DHA loss rate in the yoghurt during 30 d storage

时间 /d	添加 DHA 藻油的酸奶样品 (mg/g 原料)				
	0.25	0.50	1.00	1.50	2.20
1	4.29±0.12 ^c	5.84±0.10 ^a	6.80±0.05 ^b	6.02±0.10 ^a	6.40±0.04 ^a
21	6.64±0.07 ^b	8.91±0.12 ^a	9.48±0.14 ^a	9.65±0.13 ^a	9.10±0.13 ^a
30	9.22±0.11 ^c	11.30±0.08 ^a	11.66±0.14 ^b	11.03±0.06 ^a	10.81±0.05 ^a

注: 同行中不同的小写字母表示相互之间都有显著性差异 (p<0.05), 相同的小写字母表示相互之间没有显著性差异 (p>0.05)。

由图 1 及表 2 可知, 在酸奶中添加 DHA 藻油, 在酸奶整个生产工艺及不同的储存期过程中, DHA 净添加量不同的样品的 DHA 损失率存在着显著性差异, 尤其是 DHA 净添加量为 0.25 mg/g 原料、1.00 mg/g 原料的样品与另外三组样品之间存在的差异较大, 但 DHA 损失率与 DHA 藻油的添加量之间不存在线性关系。在整个生产过程和储存 1 d 的酸奶样品中, DHA 损失率最高的为 DHA 净添加量 1.00 mg/g 原料的样品, DHA 损失率为 6.80%; 在整个生产过程和储存 21、30 d 的酸奶样品中, DHA 损失率最高的均为 DHA 净添加量 1.50 mg/g 原料的样品, 在储存 21、30 d 的 DHA 损失率分别为 9.65%、11.66%。在从 1d 至 30d 的储存过程中, DHA 总损失率最高的为 DHA 净添加量 0.50 mg/g 原料的样品, DHA 损失率为 5.46%, 因此在整个生产过程及 30 d 的保质期内, 所有酸奶样品的 DHA 总损失率最高为 11.66%, 从储存 1 d 至 30 d

的过程中, DHA 总损失率为 5.46%。这说明整个酸奶生产过程及保质期内的 DHA 总损失率是可以控制在 12.0% 以内, 储存期间的 DHA 总损失率可控制在 6.0% 以内, 因此在 30 d 的低温储存期内, 添加 DHA 藻油的酸奶样品中 DHA 含量还是比较稳定的。为了避免 DHA 在酸奶生产加工过程中的损失, 可以采取一些控制性的措施, 如缩短热处理及加工时间、添加抗氧化剂、发酵过程中进行密封隔氧等手段, 而使 DHA 能得到较好地保留, 从而降低其损失率, 来满足酸奶实际生产过程及储存的需要, 使其具有更好地现实可行性。

2.3 添加 DHA 藻油对酸奶过氧化值和酸价的影响

选取添加 DHA 藻油 (DHA 净添加量为 2.20 mg/g 原料) 的酸奶样品和空白对照样品, 对其存放 1、21、30 d 后的酸价、过氧化值进行了测定, 结果见图 2。

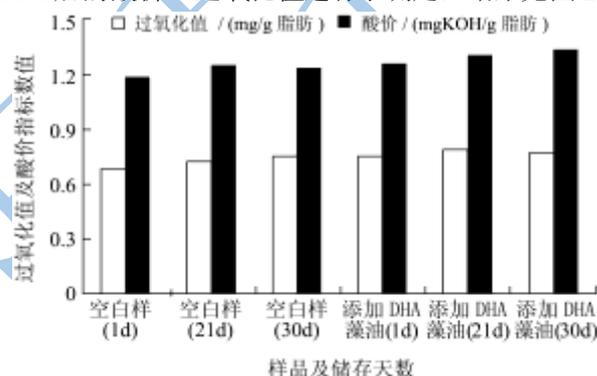


图 2 酸奶低温 (2~6 °C) 储存 30 d 内的过氧化值和酸价
Fig.2 Peroxide value and acid value of yoghurt during 30 days storage under 2~6 °C

由图 2 可知, 在酸奶中添加 DHA 藻油后, 其酸价和过氧化值与未添加 DHA 藻油的酸奶相比几乎没有影响, 在冷藏条件下酸奶的保质期一般设定为 21 d 或 30 d, 尽管国家对酸奶产品的酸价和过氧化值等指标没有作出具体规定, 但参考其他食品的国家标准, 特别是含有油脂较多食品或食用油脂的相关国家标准, 如《GB 7099-2003 糕点、面包卫生标准》、《GB 2716-2005 食用植物油卫生标准》等, 添加 DHA 藻油 (DHA 净添加量为 2.20 mg/g 原料) 的酸奶制品, 在 30 d 的保质期内, 其过氧化值、酸价的指标均符合以上标准的要求, 因此添加 DHA 藻油 (DHA 净添加量为 2.20 mg/g 原料) 后不会对酸奶的酸败和氧化造成影响, 也不会对产品的质量品质造成影响。

2.4 添加食用香精对 DHA 藻油酸奶风味的修饰影响

按 1.2.7 规定的味道修饰试验方法对添加不同量的 DHA 藻油的酸奶样品及空白样品在储存 1、21、30

d 后进行感官评价, 结果见表 3。

表 3 添加不同香精的 DHA 藻油酸奶样品的感官评价结果

Table 3 Sensory evaluation results of yoghurt samples with DHA algae oil and different flavor

香精种类	储存时间/d	添加 DHA 藻油的酸奶样品							
		0.00	0.25	0.30	0.40	0.50	0.60	0.70	0.80
橙味香精	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	21	0	0	0	0	0	0	0	1
	30	0	0	0	0	0	0	0	1
芒果香精	1	0	0	0	0	0	0	1	1
	21	0	0	0	0	0	0	1	2
	30	0	0	0	0	0	1	1	2
草莓香精	1	0	0	0	0	0	1	1	1
	21	0	0	0	0	1	1	1	2
	30	0	0	0	0	1	2	2	2

由表 3 可知, 添加橙味香精、芒果香精、草莓香精会对 DHA 藻油酸奶的风味具有较好地修饰作用, 在三种食用香精中, 橙味对 DHA 藻油酸奶的风味修饰最为明显, 从 0.30 mg/g 原料可以提高到 0.70 mg/g 原料, 而芒果香精、草莓香精可以将 DHA 净添加量从 0.30 mg/g 原料可以分别提高到 0.50 mg/g 原料、0.40 mg/g 原料。因此在开发高 DHA 含量的酸奶产品(DHA 净添加量在 0.25 mg/g 原料以上), 适量添加一定量的橙味香精, 对修饰 DHA 藻油的风味具有很好地帮助。

3 结论

3.1 在原味酸奶中, 添加 DHA 藻油, DHA 净添加量在 0.25 mg/g 原料以内的样品, 在 30 d 的储存保质期内, 产品的感官品质比较稳定, 不会出现藻腥味。

3.2 在酸奶中添加 DHA 藻油(DHA 净添加量分别为 0.25、0.50、1.00、1.50、2.20 mg/g 原料), 在整个生产工艺过程及 30 d 的保质期内, 所有酸奶样品的 DHA 损失率最高的为 11.66%, 从储存 1 d 至 30 d 的过程中, DHA 损失率最高的为 5.46%, 这说明整个保质期内的 DHA 总损失率是可以控制在 12.0% 以内, 储存期间的 DHA 总损失率可控制在 6.0% 以内, 因此在 30 d 的低温储存期内, 添加 DHA 藻油的酸奶样品中 DHA 含量还是比较稳定的, 是可以满足 DHA 藻油酸奶实际生产的需要, 具有较好地可行性。

3.3 在 30 d 的保质期内, 在酸奶中添加 DHA 藻油(DHA 净添加量为 2.20 mg/g 原料), 其酸价和过氧化值与未添加 DHA 藻油的酸奶相比几乎没有受到影响, 因此不会对酸奶产品的质量品质造成影响。

3.4 添加橙味香精、芒果香精、草莓香精对 DHA 藻油酸奶的风味具有较好地修饰作用, 在三种食用香精

中, 橙味对 DHA 藻油酸奶的风味修饰最为明显, 从 0.30 mg/g 原料可以提高到 0.70 mg/g 原料, 而芒果香精、草莓香精可以将 DHA 净添加量从 0.30 mg/g 原料可以分别提高到 0.50 mg/g 原料、0.40 mg/g 原料。

3.5 综上所述, 在酸奶中添加 DHA 藻油(DHA 净添加量在 0.25 mg/g 原料以内) 具有现实可行性。另添加橙味、芒果味、草莓味等食用香精后会提高 DHA 藻油在酸奶中的用量, 从而为开发高 DHA 含量的酸奶产品提供了一种良好的途径。

参考文献

- [1] Birch E E, Hoffman D R, Casteneda Y S, et al. A randomized controlled trial of long-chain polyunsaturated fatty acid supplementation of formula in term infants after weaning at 6 weeks of age [J]. *American Journal of Clinical Nutrition*, 2002, 75: 570-580
- [2] Birch E E, Hoffman D R, Uauy R, et al. Visual acuity and the essentiality of docosahexaenoic acid and arachidonic acid in the diet of term infants [J]. *Paediatric Research*. 1998, 44: 201-209
- [3] Willatts P, Forsyth J S, Dimodugno M K, et al. Effect of Long-chain Polyunsaturated Fatty Acids in Infant Formula on Problem Solving at 10 Months of Age [J]. *Lancet*, 1998, 352: 688-691
- [4] Sridhar Ganapathy. Long Chain Polyunsaturated Fatty Acids and Immunity in Infants [J]. *Indian Pediatr*, 2009, 46: 785-790
- [5] 朱丽娜, 张志国, 张敏, 等. DHA 的生理功能及其在食品中的稳定性[J]. *中国乳品工业*, 2009, 37(2): 45-48
ZHU Li-na, ZHANG Zhi-guo, ZHANG Min, et al. Physiological functions and stability of DHA in food [J]. *China Dairy Industry*, 2009, 37(2): 45-48
- [6] 张义明. DHA 的来源及合理应用[J]. *食品工业科技*, 2003, 8: 97-100
ZHANG Yi-Ming. Source and rational application of DHA. *Food Science and Technology of Food Industry*, 2003, 8: 97-100
- [7] 黄巍峰, 郑晓辉, 曾远平, 等. 微藻 DHA 在烘焙产品中的应用 [A]. 第十七届中国国际食品添加剂和配料展览会学术论文集, 上海, 2013
HUANG Wei-feng, ZHENG Xiao-hui, ZENG Yuan-ping, et al. Application of microalgal DHA in bakery products. *Food Ingredients China 2013 Conference Papers*. Shanghai, 2013
- [8] 于海平. 酸奶的饮用及保健作用[J]. *中外健康文摘*, 2011, 8, (35): 1-5

- YU Hai-ping. Drinking and health function of yogurt [J]. World health digest, 2011,8(35): 1-5
- [9] 宗宪峰.酸奶的营养价值与保健功能[J].中国食物与营养, 2008,9:60-61
- ZONG Xian-feng. Nutrition value and health function of yogurt [J]. Food and Nutrition in China, 2008,9: 60-61
- [10] 彭云,李沛生,林应胜,等.微藻 DHA 在蛋糕中的应用[J]. 现代食品科技,2012,28(2):200-203
- PENG Yun, LI Bian-sheng, LIN Ying-sheng, et al. Application of Microalgal DHA in Cake [J]. Modern Food Science and Technology, 2012,28(2):200-203
- [11] 张影霞,黄巍峰.微藻 DHA 在月饼中的应用[J]. 现代食品科技,2011,27(12):1494-1497
- ZHANG Ying-xia, HUANG Wei-feng. Application of Microalgal DHA in Moon Cake [J]. Modern Food Science and Technology, 2011, 27(12): 1494-1497

现代食品科技