

微藻 DHA 在蛋糕中的应用

彭云^{1,2}, 李泮生¹, 林应胜², 黄巍峰³, 张影霞³

(1. 华南理工大学轻工与食品学院, 广东广州 510640)(2. 广州酒家集团利口福食品有限公司, 广东广州 511442)
(3. 广东润科生物工程有限公司, 广东广州 510613)

摘要: 通过在蛋糕配料中加入微藻 DHA, 评价蛋糕的感官和测定蛋糕中的 DHA 含量、过氧化值和酸价等, 探讨微藻 DHA 在蛋糕生产中应用的可行性。结果表明, 添加微藻 DHA 不会对蛋糕的气味、口感产生明显的影响; 在试验的微藻 DHA 添加量 (0.10 mg/g~1.00 mg/g 成品) 内, 蛋糕在烘烤后 DHA 的损失率平均在 12.28%, 室温放置 2 d 后 DHA 的损失率也变化很小; 在此生产和放置过程中蛋糕的过氧化值和酸价也没有明显变化; 蛋糕的各主要配料成分也不会对微藻 DHA 的稳定性有明显影响。试验的微藻 DHA 可用于蛋糕的生产, 从而开发新型的富含 DHA 的功能性食品。

关键词: 微藻 DHA; 蛋糕; 应用可行性

文章编号: 1673-9078(2012)2-200-203

Application of Microalgal DHA in Cake

PENG Yun^{1,2}, LI Bian-sheng¹, LIN Ying-sheng², HUANG Wei-feng³, ZHANG Ying-xia³

(1. College of Light Industry and Food Sciences, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)
(2. Guangzhou Restaurant Group Likoufu Food Co., Ltd, Guangzhou 511442, China)
(3. Guangdong Runke Biological Engineering Co., Ltd, Guangzhou 510613, China)

Abstract: Sensory evaluation of the cake added with micro-algae DHA and determination of the DHA, peroxide value and acid value, etc, were made in this paper. The results showed that adding micro-algae DHA did not cause significant changes in the smell and taste of the cake. In the test of the micro-algae DHA additives (0.10 mg/g~1.00 mg/g finished product) inside, the average loss rate of the DHA in cake after baking is 12.28% and DHA loss also changes very little in room temperature placed after 2 d. No significant changes in the peroxide value and acid value of the cake were found in the process of production and placement. The cake's main ingredients showed little influence on the stability of the micro-algae DHA. The micro-algae DHA of the test can be used in the production of cake, and new functional food containing DHA will be developed.

Key words: microalgae DHA; cake; application feasibility

DHA, 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。DHA 能促进婴幼儿的视力和脑部发育^[1]。同时, DHA 还具有改善老人痴呆、降低血脂和预防心脏血管疾病, 预防并有效控制糖尿病等功效^[2-5]。深海鱼油和藻类是 DHA 的主要来源。但是从鱼油中提取的 DHA 胆固醇含量高, 带有鱼腥味, 从而影响了产品的应用^[6]。而微藻 DHA 不含鱼腥味, 具有较好的感官品质, 在作为食品营养强化剂添加到食品中时, 不会对原食品载体的风味产生不良的影响。鱼油从海鱼中提取, 海鱼脂肪组织中积累有大量的持续性有机污染物, 即使是微量污染物, 胎儿正在发育的神经系统对其都是非常敏感的, 而成人长期

收稿日期: 2011-11-17

作者简介: 彭云 (1982-), 女, 硕士研究生, 主要从事食品加工和保藏研究

通讯作者: 李泮生 (1962-), 男, 博士, 教授, 从事食品加工和保藏研究

摄入这些污染物在体内积累也会产生危害^[7]。微藻油则首先要通过生物工程的方法进行微藻纯种培养, 然后经过抽提和精炼得到, 能有效避免外界污染, 是纯天然、安全的植物性 DHA^[8]。

蛋糕几乎见证了人们生活中所有快乐的时光, 生日、节日、庆典和婚礼都有美味的蛋糕锦上添花。日常人们也喜欢以蛋糕作为早餐和茶点。添加微藻 DHA 的功能性蛋糕为人们在日常生活中补充 DHA 提供了新的途径。但为一种新型功能性食品推出市场, 人们更关心其实际应用价值, 在蛋糕生产中, 微藻 DHA 是否有损耗, 添加了微藻 DHA 是否对蛋糕的保质期、气味和口感等产生影响, 蛋糕中各主要成分是否影响微藻 DHA 含量。针对这些问题, 本实验主要从蛋糕保质期、气味和口感、蛋糕中各主要成分对微藻 DHA 含量影响等方面, 对添加微藻 DHA 的蛋糕的应用可行性进行了考察和评估。

1 材料和方法

1.1 实验材料和仪器

原材料: 微藻 DHA 粉剂 (WP-2 粉剂), DHA 含量 $\geq 7\%$, 广东润科生物工程有限公司; 低筋面粉、高筋面粉, 南方面粉厂; 蛋糕油, 广州乐焙仕食品有限公司; 鸡蛋、蔗糖、菜油, 均为市售食品级。

仪器设备: 7890 型气相色谱仪, Agilent 公司; DB-23 毛细管柱, J & W Scientific 公司; 打蛋机、烤箱, 新麦机械(无锡)有限公司。

1.2 实验和分析方法

1.2.1 蛋糕的制作工艺

原料→搅拌→打浆→成型→烘烤→成品

搅拌: 全蛋、糖粉搅拌至糖溶化后, 加入面粉、泡打粉、食盐和脱氢醋酸钠等, 用慢速稍打匀后转用中速让所有材料搅拌均匀;

打浆: 加入蛋糕油, 再转快速搅打, 形成均匀无粒、呈白色的蛋糕浆, 然后加入鲜奶、山梨糖醇和水进一步打发, 最后加入菜油融入蛋糕浆, 搅匀;

成型: 将蛋糕浆倒入相应的模具中, 自然使其表面平坦光滑;

烘烤: 按要求设定温度, 把装好模具的蛋糕生浆放进烤炉, 烘烤温度: 面火: 210~220 °C, 底火: 150~160 °C, 时间: 12~15 min。

1.2.2 微藻 DHA 的添加量

采用粉剂型的微藻 DHA, 与少量面粉混匀后, 与面粉一起加入到配料中。添加量以单位质量的成品蛋糕中含有多少 DHA 计, 具体添加水平按实验设计。在测定添加 DHA 对蛋糕感官和理化品质的影响时, 微藻 DHA 的添加水平如表 1 所示; 在研究蛋糕中的成分对 DHA 稳定性的影响时, 微藻 DHA 添加量为 1 mg/g。

表 1 微藻 DHA 的添加水平

Table1 The addition level of micro-algae DHA

添加形式	DHA 净添加量		
WP-2 粉剂	0.10 mg/g 成品	0.50 mg/g 成品	1.00 mg/g 成品

1.2.3 蛋糕中 DHA 的稳定性研究

通过改变微藻 DHA 的添加量和蛋糕配方中的主要配料(鸡蛋、面粉、蔗糖、油脂)含量, 测定刚烘烤出来的蛋糕和室温放置 2 d(室温下的保质期)的蛋糕中的 DHA 含量, 计算其损失率。

1.2.4 感官评价

经由 10 人组成的感官品评小组对添加和不添加微藻 DHA 的蛋糕的气味和口感按等级进行评定, 按

照“明显不同”、“稍有不同”和“无明显变化”三种级别进行评定。

1.2.5 DHA 含量的测定

蛋糕制作完成后, 在保质期内, 对蛋糕中 DHA 含量的测定采用企业标准 Q/STRK 002S-2010 中规定的气相色谱法, 每个样品做 2~3 个平行, 结果以平均值表示。具体步骤如下。

1.2.5.1 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 °C)充分混合后加入 25%氨水 1 mL, 60 °C 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(或充分振荡), 并于 4000 r/min 条件下离心 3 min 或静止分层, 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 μ L。

1.2.5.2 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。

1.2.5.3 系统适应性条件

毛细管柱 DB-23 (30 m \times 0.25 mm \times 0.25 μ m), 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。

1.2.5.4 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

1.2.5.5 结果表述

粉剂中 DHA 含量(mg/g)= $B_i C_{si} V / A_i W$

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-测样品稀释的体积, mL; A_i -标准液中组分 i 的峰面积; W-二十二碳六烯酸粉剂的质量, g。

1.2.6 过氧化值的测定

蛋糕制作完成后,在保质期内,对蛋糕的过氧化值进行取样检测,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 酸价的测定

蛋糕制作完成后,在保质期内,对蛋糕的酸价进行取样检测,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。

2 结果与分析

2.1 添加微藻 DHA 对蛋糕感官品质的影响

在蛋糕中按照实验设计的添加量(0.10 mg/g~1.00 mg/g 成品),将添加与不添加微藻 DHA 的蛋糕进行比较,评估小组 10 人一致认为添加微藻 DHA 的蛋糕在气味和口感上“无明显变化”,与普通蛋糕无明显区别。故微藻 DHA 用于蛋糕不存在气味和口感上的应用障碍。

2.2 蛋糕生产和放置过程中 DHA 的稳定性

表 2 刚生产出来和室温放置 2 d 的蛋糕中的 DHA 含量变化

Table2 The change of DHA content in the freshly produced cake and the cakes placed for 2 days

样品	DHA 含量理论值/(10 ⁻² mg/g)	DHA 含量检测值/(10 ⁻² mg/g)	损失率/%
0.10 mg/g 成品(0 d)	11.94	10.49	12.14
0.50 mg/g 成品(0 d)	59.94	52.48	12.44
1.00 mg/g 成品(0 d)	120.23	105.50	12.25
0.10 mg/g 成品(2 d)	11.94	10.31	13.65
0.50 mg/g 成品(2 d)	59.94	51.36	14.31
1.00 mg/g 成品(2 d)	120.23	104.65	12.96

表 3 刚生产出来的蛋糕中 DHA 损失率的显著性分析

Table3 The significant analysis of DHA loss rate in the freshly produced cake

来源	平方和	自由度	均方	F 比
因子 A	SA=0.0927	fA=2	MSA=0.0464	F=0.0897
误差 e	Se=1.5499	fe=3	MSe=0.5166	
总计 T	ST=1.6426	fT=5		

表 4 室温放置 2 d 的蛋糕中 DHA 损失率的显著性分析

Table4 The significant analysis of DHA loss rate in the cake placed for 2 days

来源	平方和	自由度	均方	F 比
因子 A	SA=2.0201	fA=2	MSA=1.0100	F=0.1344
误差 e	Se=22.549	fe=3	MSe=7.5163	
总计 T	ST=24.5691	fT=5		

如果给定 $\alpha=0.05$, 则 $1-\alpha=0.95$, 从 F 分布表查得 $F_{0.95}(2,3)=9.55$, 由于 $F<9.55$, 所以在 $\alpha=0.05$ 水平

上我们的结论是因子不显著。这表明不同的 DHA 含量蛋糕的损失率没有明显的差异。且在蛋糕保质期内,蛋糕中微藻 DHA 的损失率比较稳定,在可接受范围内。

2.3 添加微藻 DHA 对蛋糕的过氧化值和酸价的影响

表 5 刚生产出来和室温放置 2 d 的蛋糕的过氧化值和酸价

Table5 The peroxide value and acid value of the freshly produced cake and the cakes placed for 2 days

DHA 净含量	过氧化值/(mg/g)	酸价/(mg/g)
空白对照组(0 d)	0.58	0.95
0.10 mg/g 成品(0 d)	0.62	0.97
0.50 mg/g 成品(0 d)	0.59	1.08
1.00 mg/g 成品(0 d)	0.60	0.99
空白对照组(2 d)	0.84	1.24
0.10 mg/g 成品(2 d)	0.92	1.28
0.50 mg/g 成品(2 d)	0.86	1.36
1.00 mg/g 成品(2 d)	0.89	1.27

由以上结果可知,蛋糕添加微藻 DHA 后酸价和过氧化值与未添加微藻 DHA 的蛋糕相比几乎没有影响,常温下蛋糕的保质期设定为两天,在此期间内,酸价和过氧化值也符合相关国家卫生标准(GB 7099 糕点、面包卫生标准)的要求,故添加微藻 DHA 后不会对蛋糕的酸败和氧化造成影响。

2.4 蛋糕中的鸡蛋含量变化对 DHA 含量的影响

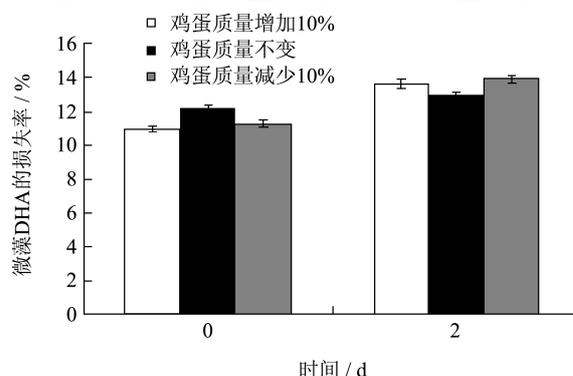


图 1 不同蛋白质含量的蛋糕中 DHA 的损失率

Fig.1 The loss rate of DHA in the cake with different protein contents

通过改变蛋糕配方中鸡蛋的添加量(三个样品:净鸡蛋质量增加 10%,净鸡蛋质量不变,净鸡蛋质量减少 10%,其它成分不变)制作不同蛋白质含量的 DHA 蛋糕,然后对蛋糕中的 DHA 含量进行检测,考察蛋白质对蛋糕中 DHA 含量的影响。刚出炉后和室温放置 2 d 后的蛋糕中 DHA 的损失率如图 1 所示。结果表明,不同的蛋白质含量不会对刚生产出来和室温放置 2 d 的蛋糕中 DHA 的稳定性产生明显的影响。

2.5 蛋糕中的面粉含量变化对 DHA 含量的影响

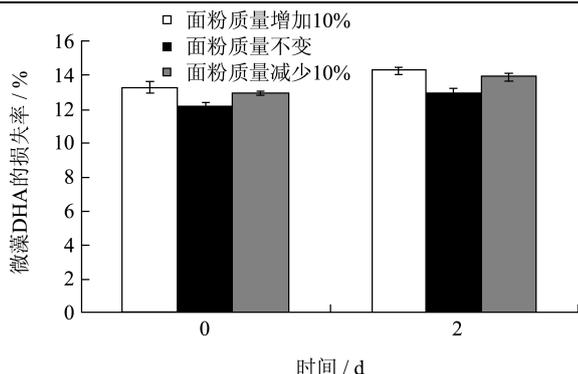


图2 不同淀粉含量的蛋糕中 DHA 的损失率

Fig.2 The loss rate of DHA in the cakes with different starch contents

通过改变蛋糕配方中面粉的添加量（三个样品：面粉质量增加 10%，面粉质量不变，面粉质量减少 10%，其它成分不变）制作不同面粉含量的 DHA 蛋糕，然后对蛋糕中的 DHA 含量进行检测，考察面粉对蛋糕中 DHA 含量的影响。刚出炉后和室温放置 2 d 后的蛋糕中 DHA 的损失率如图 2 所示。结果表明，不同面粉添加量生产出来的蛋糕以及在室温放置 2 d 后，蛋糕中 DHA 损失率不会有明显的变化。

2.6 蛋糕中的蔗糖含量变化对 DHA 含量的影响

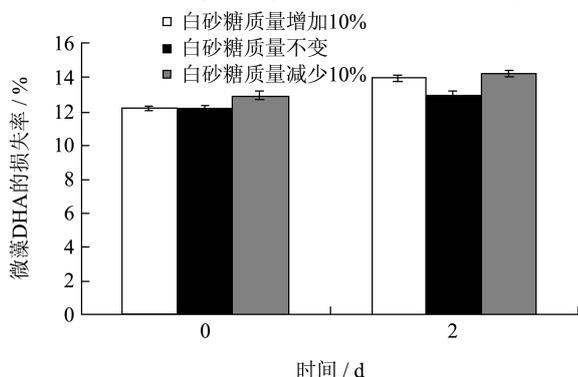


图3 不同蔗糖含量的蛋糕中 DHA 的损失率

Fig.3 The loss rate of DHA in the cakes with different sucrose contents

通过改变蛋糕配方中白砂糖的添加量（三个样品：白砂糖质量增加 10%，白砂糖质量不变，白砂糖质量减少 10%，其它成分不变）制作不同蔗糖含量的 DHA 蛋糕，然后对蛋糕中的 DHA 含量进行检测，考察蔗糖对蛋糕中 DHA 含量的影响。蛋糕刚出炉时和室温放置 2 d 后的 DHA 损失率结果如图 3 所示。可以看出，不同蔗糖含量的微藻 DHA 蛋糕在保质期内的 DHA 损失率不会有明显的变化。

2.7 蛋糕中的油脂含量变化对 DHA 含量的影响

通过改变蛋糕配方中油脂（菜油）的添加量（三个样品：菜油质量增加 10%，菜油质量不变，菜油质

量减少 10%，其它成分不变）制作不同油脂含量的 DHA 蛋糕，然后对蛋糕中的 DHA 含量进行检测，考察油脂对蛋糕中 DHA 含量的影响。刚出炉的和室温放置 2 d 后的蛋糕中 DHA 的损失率结果如图 4 所示。结果显示，不同油脂含量的微藻 DHA 蛋糕在保质期内的 DHA 损失率不会有明显的变化。

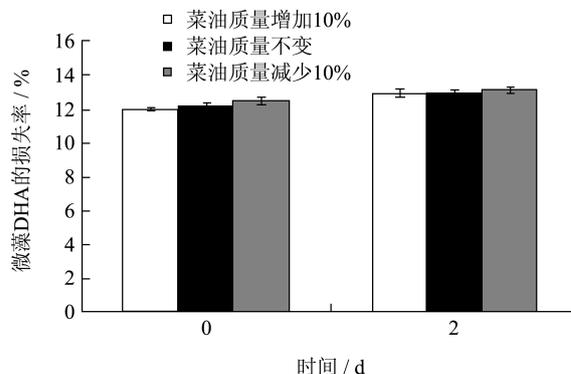


图4 不同油脂含量的蛋糕中 DHA 的损失率

Fig.4 The loss rate of DHA in the cakes with different oil contents

3 结论

- 3.1 添加微藻 DHA 不会对蛋糕的气味、口感产生明显的影响；
- 3.2 在试验的微藻 DHA 添加量（0.10 mg/g~1.00 mg/g）内，蛋糕在烘烤后 DHA 的损失率平均在 12.28%，室温放置 2 d 后 DHA 的损失率平均在 13.64%，不同添加量的样品之间没有显著差异；
- 3.3 刚生产出来和室温放置 2 d 的微藻 DHA 添加量不同的蛋糕的过氧化值和酸价没有明显差异，均符合标准要求；
- 3.4 蛋糕的各主要配料成分也不会影响微藻 DHA 的稳定性。试验的微藻 DHA 可用于蛋糕的生产，从而开发新型的富含 DHA 的功能性食品。

参考文献

[1] Smithers L G, Gibson R A, McPhee A, et al. Effect of two doses of docosahexaenoic acid (DHA) in the diet of preterm infants on infant fatty acid status: Results from the DINO trial [J]. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 2008, 79(3): 141-146

[2] Yurko-Mauro K, McCarthy D, Dror Rom, et al. Beneficial effects of docosahexaenoic acid on cognition in age-related cognitive decline [J]. Alzheimer's and Dementia, 2010, 6(6): 456-464

（下转第 199 页）

表5 旋转设计优化结果

Table 5 The optimization of hydrolysis conditions by RSM

OBS 期望值/(mg/mL)	X ₁	X ₂	X ₃	氨基酸态氮/(mg/mL)	
1	5.81	56.24	4.00	0.50	5.73

3 结论

3.1 通过对近江牡蛎内源性蛋白酶自溶水解的单因素试验和回归分析研究,得到了近江牡蛎自溶水解的最佳水解条件为温度56.24 °C、初始pH 4.00、原料占总质量比0.50。在最佳水解条件下,水解液中的氨基态氮含量为5.73 mg/mL,水解液中的氨基酸态氮含量比优化前的最大值(4.11 mg/mL)提高39.42%。

3.2 建立了近江牡蛎自溶水解的数学模型方程,所得方程的拟合性较好,对近江牡蛎的自溶水解液中氨基酸态氮含量可以进行较好的预测。近江牡蛎蛋白自溶水解的工艺条件的优化,不仅为近江牡蛎蛋白加工利用提供参考资料,而且为牡蛎内源性蛋白酶类的利用提供科学依据和指导。

参考文献

- [1] LAMK, MORTON B. Mitochondrial DNA and morphological identification of new species of crassostrea (Bivalvia: Ostreidae) cultured for centuries in the Pearl River delta, Hong Kong, China [J]. Aquac, 2003, 228(1/4): 1-13
- [2] 吴园涛,孙恢礼.牡蛎营养功能制品研究进展[J].河北渔业.2007,8:6-9
- [3] Achour A, Lachgar A. Potentialization of IL-2 effects on immune cells by oyster extract (JCOE) in normal and HIV-infected individuals [J]. Biomed & Pharmacother, 1997, 51: 427-429
- [4] Hayshi M. The effect of taurine OX experimental fatty degeneration in primary culture rat hepatocytes [J]. Acta

Hepatol JAP, 1990, 31: 331

- [5] 周敏华,章超桦,曾少葵,等.酶解牡蛎肉制备高 F 值寡肽的研究[J].现代食品科技,2009,25(7):751-755
- [6] Yoshiyuki Kimura, Hiroji Ohminami, et al. Effect of extract of oyster on lipid metabolism in rats [J]. Journal of Ethnopharmacology, 1998, 59: 117-123
- [7] 徐静.牡蛎提取物的降血糖活性研究[D].济南:山东大学硕士学位论文,2005
- [8] 刘赛,等.牡蛎提取物对鹌鹑实验性动脉粥样硬化的抑制作用[J].中国动脉硬化杂志,2001,10(3):97-100
- [9] 王颖,等.牡蛎提取物抗肿瘤作用的实验研究[J].中国海洋药物,1997,16(1):18-22
- [10] T Yoshikawa, Y Naito. Free radical - scavenging activity of Crassostrea gigas extract [J]. Biomed & Pharmacother, 1997, 51: 328-332
- [11] 吴海涛,缪琪,朱蓓薇.牡蛎水提液的抗氧化特性[J].食品与发酵工业,2005(28):44
- [12] 陈骞.牡蛎糖原的提取与抗疲劳活性研究[D].江南大学.2005,6
- [13] 欧成坤,杨瑞金.牡蛎酶解产物的 ACE 抑制活性和清除自由基活性研究[J].食品工业科技,2005,26(3):59-62
- [14] AOAC (2000). Official methods of analysis (17th ed.) [M]. Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists
- [15] GB/T 5009.4 2010,食品中灰分的测定
- [16] ICS 67.040 GB/T 5009.39 2003,酱油卫生标准的分析方法
- [17] 林奕封,曾庆孝,朱志伟,等.利用内源蛋白酶对虾头水解的研究[J].广州食品工业科技.2003,2(19):5-7
- [18] Wenhong, Chaohua Zhang, Pengzhi Hong, et al. Response surface methodology for autolysis parameters optimization of shrimp head and amino acids released during autolysis [J]. Food Chemistry, 2008, 10: 176-183

(上接第 203 页)

- [3] Dewailly E, Blanchet C, Gingras S, et al. Cardiovascular disease risk factors and n-3 fatty acid status in the adult population of James Bay Cree [J]. American Society for Clinical Nutrition, 2002, 76(1): 85-92
- [4] Holub B J. Docosahexaenoic acid (DHA) and cardiovascular disease risk factors [J]. Prostaglandins, Leukotrienes and Essential Fatty Acids, 2009, 81: 199-204
- [5] Kandasamy N, Joseph F, Goenka N. The role of omega-3 fatty acids in cardiovascular disease, hypertriglyceri-

daemia and diabetes mellitus [J]. Diabetes & Vascular Disease, 2008,8(3):121-126

- [6] 曹万新,孟橘,田玉霞.DHA 的生理功能及应用研究进展[J].中国油脂,2011,36(3):1-4
- [7] 郝颖,汪之和.EPA、DHA 的营养功能及其产品安全性分析[J].现代食品科技,2006,22(3):180-183
- [8] 司华静,黄巍峰,李建平. DHA 藻油在花生油中的应用研究[J].现代食品科技,2011,27(9):1134-1136