

婴幼儿配方奶的配方设计和工艺

户行宇¹, 于景华^{1,*}, 刘 森¹, 康红艳², 王妙姝²

(1.天津科技大学, 天津 300457;

2.河北新希望天香乳业有限公司, 河北保定 071000)

摘要:根据 GB10765-2010 对婴幼儿食品的要求, 同时结合感官评价标准设计了一种婴幼儿配方奶的配方。相比于市售的婴幼儿配方奶粉(惠氏金装爱儿 1 段和雀巢超级能恩 1 段), 配方奶状态稳定, 乳白的颜色更受欢迎。通过测定产品的动力学不稳定性(TSI 值)和脂肪球粒径, 发现在 50 °C 预热, 25 MPa 压力下均质的产品脂肪稳定性最好。本研究在不同贮藏温度与 TSI 值之间拟合了一条预测货架期的动力学曲线, 并通过计算加速比得到产品在 4 °C 条件下保藏货架期为 53 d。

关键词:婴幼儿配方奶, 感官评价, 预热, 均质, 货架期

Formula Design and Technology of Infant Formula Milk

HU Hang-yu¹, YU Jing-hua^{1,*}, LIU Miao¹, KANG Hong-yan², WANG Miao-shu²

(1.Tianjin University of Science and Technology, Tianjin 300457, China;

2.Hebei New Hope Tianxiang Dairy Company, Baoding 071000, China)

Abstract: Based on the requirements of GB10765-2010 for infant food and the sensory evaluation standard, the formula of infant formula milk was designed. Compared to the commercially available infant formula milk powder (Wyeth SMA GOLD paragraph 1 and Nestle NAN.H.A.1), our formula milk state was pretty stable, and the color of milky white was more popular. By measuring the kinetic instability (TSI value) and the size of the fat globules, it was found that the product had the best fat stability under the preheating at 50 °C and the homogenization pressure of 25 MPa. A dynamic curve of the shelf life was fitted between different storage temperatures and TSI values, and the shelf life of the product at 4 °C was 53 days by calculating the acceleration ratio.

Key words: infant formula milk; sensory evaluation; preheating; homogenization; shelf life

中图分类号: TS205 文献标识码: B 文章编号: 1002-0306 (2018) 14-0177-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2018.14.032

引文格式: 户行宇, 于景华, 刘森, 等. 婴幼儿配方奶的配方设计和工艺[J]. 食品工业科技, 2018, 39(14): 177-180, 193.

婴幼儿配方奶相比于婴幼儿配方奶粉无需调, 食用更加方便卫生, 更易被婴幼儿消化吸收, 同时在加工过程中无需经过高温喷粉, 营养素损失相对较少^[1]。国外的婴幼儿配方奶已经相当成熟, 相关产品已经上市很多年, 但婴幼儿配方奶在我国关注度不高, 其在我国的发展仍然处于一个初期萌发状态, 而且主要在医务渠道推广, 针对特殊婴幼儿人群^[2]。产品研发方面还处于实验阶段, 口感和脂肪稳定性问题难以解决, 我国整体的婴幼儿配方奶产业仍处于瓶颈期。因此本研究从调整婴幼儿配方奶的配方和优化加工工艺参数出发, 解决婴幼儿配方奶的口感和在贮藏期内的脂肪稳定性等问题。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

鲜牛奶 沧州青县木门店祥瑞牛奶厂; 乳清蛋白粉(WPC 8200) 美国 HILMAR; 玉米胚芽油 山东西

王食品有限公司; 菜籽油 上海明确国际贸易有限公司; 椰子油 济南比祺经贸有限公司; 复配维生素、复配矿物质 广州硕维食品技术有限公司; DHA 藻油粉 嘉必优生物技术股份有限公司; SDS、乙二胺四乙酸 均为国产分析纯; 100 mL 一次性透明塑料杯 广东富康塑料制品厂。

TW-Basic 型沃迪均质机 上海沃迪公司; DZ5-W 型湘仪离心机 长沙湘仪公司; 1541-TL-1917 型 Turbiscan Lab 全能稳定性分析仪 法国 Formulacion 公司; BT-9300S 型的激光粒度分布仪 丹东百特仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 确定婴幼儿配方奶的基础配方 根据食品安全国家标准 (GB10765-2010) — 婴儿配方食品标准对婴儿配方食品提出的成分添加限量要求^[3] 和维生素在加热过程中的损失率 (见表 1) 初步确定婴幼儿

收稿日期: 2017-10-08

作者简介: 户行宇 (1993-), 女, 研究生, 研究方向: 乳品科学与工程, E-mail: 13622192265@163.com。

* 通讯作者: 于景华 (1966-), 男, 博士, 教授, 研究方向: 乳品科学与工程, E-mail: yujinghua@tust.edu.cn。

基金项目: 国家自然科学基金 (31671876); 石家庄市科技研究与发展计划项目 (176170877A)。

配方奶的基础配方^[4]。损失率 = (配方设计值 - 实际检测值) / 配方设计值。

表1 维生素在热处理中的损失率(%)

Table 1 Vitamin loss rate in the heat treatment(%)

项目	损失率	项目	损失率
维生素 A	3.57	生物素	1.82
维生素 B ₁	5.56	叶酸	6.42
维生素 B ₂	23.53	泛酸	0.35
维生素 C	14.03	维生素 B ₁₂	3.85
维生素 B ₆	6.72	维生素 D ₃	2.8
烟酸	1.89	维生素 E	13.04
肌醇	3.33	维生素 K ₁	4.71
胆碱	7.41	β-胡萝卜素	6.67

1.2.2 确定婴幼儿配方奶中蛋白质和不同种类植物油的添加量 蛋白质的梯度范围设定为: 1.4、1.5、1.6 g/100 mL; 不同种类植物油的梯度范围设定见表 2。

表2 不同种类植物油的梯度范围

Table 2 Gradient range of different types of vegetable oil

项目	组合 1	组合 2	组合 3
玉米油(g)	4.7	10.9	4.7
菜籽油(g)	4.3	4.9	12.4
椰子油(g)	12.4	5.6	4.3

(WPC 8200)、乳糖、复合维生素和复合矿物质分别用纯净水溶解,其中 WPC 8200 要在 40 °C 条件下水合 20 min。按婴儿配方奶配方依次将鲜牛奶、纯净水和各类植物油等原料混合均匀,对样品进行预热和均质,然后进行 UHT 灭菌,冷却灌装。

结合国外的婴幼儿配方奶产品的口感制定感官评价表(表 3),对不同添加量的产品进行感官评价。

表3 感官评价表

Table 3 Sensory evaluation table

感官特征	特征描述	评分标准(分)
整体风味	醇厚奶香,无其他异味	5
	无奶香味或有轻度哈喇味	3
	有明显的哈喇味或异味	1
口感	口感适中	5
	口感较稀薄或较浓稠	3
	口感非常稀薄或非常浓稠	1
甜度	甜度适中	3
	太过甜腻或平淡	1
色泽	乳白色	3
	淡黄色	1
状态	较均匀,稳定	3
	有明显的沉淀或浑浊	1

1.2.3 比较样品与市售婴幼儿配方奶粉的口感差异 对超高温灭菌处理的样品和市面上常见的两款婴儿配方奶粉:惠氏金装爱儿乐 1 段和雀巢超级能恩 1 段进行感官品质比较。将本实验样品 150 mL 置于一次性透明塑料杯中,同时将两款配方奶粉用同

样温度的水(37 °C)进行复原冲调,即分别取 23.31 g 奶粉,用温水定容至 150 mL,对 3 种样品进行随机编号,呈递给 10 名有资质的感官评价员按照表 3 的感官评价标准对样品进行感官评价并打分填写感官评价表。

1.2.4 确定婴幼儿配方奶预热和均质工艺参数 婴儿配方奶生产工艺流程为:原料奶验收→过滤及净化→配料(水、乳糖及其他辅料)→预热→均质→UHT 灭菌(135 °C, 10 s)→冷却→无菌灌装→检验→成品入库。

操作要点:玻璃瓶提前进行 121 °C 15 min 超高压灭菌;乳清蛋白、复合维生素和复合矿物质分别用少量水溶解,再与原料奶混合;按照设计的温度进行预热处理,然后进入超高压设备进行均质和灭菌。

在温度(50~60 °C)和压力(25~30 MPa)之间设置不同的梯度见表 4,具体生产工艺同 1.2.2。

表4 均质压力和预热温度条件

Table 4 Homogeneous pressure and preheat temperature conditions

均质条件	温度(°C)	压力(MPa)
样品 1	50	25
样品 2	55	25
样品 3	60	25
样品 4	50	30
样品 5	55	30
样品 6	60	30

使用 Turbiscan Lab 全能稳定性分析仪对样品整体和上层进行稳定性检测。利用样品的背散射光强度的不同,以动力学不稳定性(TSI 值)为指标,判断样品在 5.5 h 内的稳定性变化趋势。TSI 与体系稳定性呈负相关,TSI 值越小,体系越稳定,TSI 值越大,体系越不稳定。使用激光粒度分布仪测定样品的脂肪球粒径大小^[5],物质折射率:1.520 + 0.100i,介质折射率:1.333。取 1.0 mL 样品用蒸馏水将样品稀释 10 倍,再取 1.0 mL 稀释后的样品向其中加入 1~2 滴 10% SDS 溶液和 2.0 mL 35 mmol/L EDTA 溶液(破坏酪蛋白胶束,排除酪蛋白胶束粒径对脂肪球粒径测定的干扰)混匀即可备用测量,要保证被测样品的遮光率在 10%~11% 之间。依据激光粒度分布仪出具的报告单,采用 Origin 8.0 进行数据分析。

1.2.5 预测样品的货架期 脂肪的上浮程度可以直接反映乳制品的品质变化。在乳制品货架期的加速实验研究中,一般通过提高储存温度来使乳制品的这些品质特性发生变化,并加速其变化率,再根据乳制品的实际变化情况建立相应货架期的变化模型^[6]。

按照得到的最佳配方配制婴幼儿配方液态奶,样品以最佳预热温度和均质条件处理,再经 135 °C、10 s 超高温灭菌,灌装。将样品分别在 4、15、25、35、40 °C 条件下保藏。每天定时观察产品的色泽状态,每隔 3 d 测定一次样品的整体 TSI 值。

TSI 值的测定方法同 1.2.4。

通过温度与 TSI 值之间拟合的动力学曲线预测

样品的货架期。

1.3 数据处理

数据分析与处理利用 Turbiscan Lab 全能稳定分析仪的 TLAB EXPERT 软件采集数据并用 Turbiscan Easysoft 软件进行数据分析,采用 Origin 8.0 进行数据拟合和制图。

2 结果与分析

2.1 婴幼儿配方奶的配方

根据感官评分得出当蛋白质的添加量为 1.6 g/100 mL 时,得分为 15.8 分,高于添加量为 1.4 和 1.5 g/100 mL 的 13.6 和 14.0 分,植物油添加配比为组合 1 时,得分为 15.6 分,高于组合 2 和组合 3 的 14.0 和 13.4 分。加工而成的婴幼儿液态奶具有最佳的口感,能够被全部感官评价人所接受。婴幼儿配方奶的配方见表 5,营养成分表见 6。

表 5 婴儿配方奶配方(以 1000 L 奶液计)

Table 5 Infant formula(in 1000 L milk meter)

配料	添加量
牛乳	278 L
乳清蛋白粉(WPC 8200)	10.2 kg
玉米油	9.4 kg
椰子油	24.8 kg
乳糖	60.0 kg
菜籽油	8.6 kg
DHA 藻油粉	0.38 kg
醋酸视黄酯	
维生素 D3	
dl- α -醋酸生育酚	
植物甲萘醌	
盐酸硫酸素	
核黄素	
盐酸吡哆醇	0.15 kg
氰钴胺	
L-抗坏血酸钠	
烟酰胺	
叶酸	
D-生物素	
D-泛酸钙	
磷酸钾	
氯化镁	
碳酸钙	
磷酸钠	
磷酸三钙	
氯化钾	
氯化钠	
硫酸亚铁	1.7 kg
硫酸锌	
硫酸铜	
硫酸锰	
碘化钾	
亚硒酸钠	
酒石酸胆碱	
肌醇	
牛磺酸	

表 6 婴幼儿配方奶营养成分表

Table 6 Infant formula nutritional content of the table

项目	单位	每 100 mL 奶液
热量	kJ	341.4
蛋白质	g	1.60
脂肪	g	4.45
亚油酸	g	0.56
α -亚麻酸	mg	55.00
EPA	mg	5.60
DHA	mg	3.80
碳水化合物	g	7.40
维生素 A	IU	274.00
维生素 D	IU	49.70
维生素 E	IU	1.98
维生素 K1	μ g	6.60
维生素 B1	μ g	110.00
维生素 B2	μ g	164.00
维生素 B6	μ g	73.00
维生素 B12	μ g	0.33
维生素 C	mg	14.50
生物素	μ g	2.10
叶酸	μ g	10.50
烟酸	mg	0.85
泛酸	mg	0.43
钙	mg	30.50
磷	mg	22.50
镁	mg	3.90
铁	mg	0.33
锌	mg	0.39
锰	μ g	3.90
铜	μ g	28.00
碘	μ g	6.50
钠	mg	16.30
钾	mg	45.60
氯	mg	25.10
硒	μ g	0.85
胆碱	mg	7.20
肌醇	mg	2.80
牛磺酸	mg	3.50

2.2 样品和市售婴幼儿配方奶粉的感官区别

图 1 为样品的整体风味、状态等产品特性评价结果。惠氏金装爱儿乐 1 段婴儿配方奶粉在奶香味和甜度方面有明显的优势,奶味偏浓厚且甜度适中,但在颜色状态方面表现较差,奶液呈黄色、溶解性较差且状态粘稠;雀巢超级能恩 1 段婴儿配方奶粉的感官评价总分较高,口感适中,其色泽呈现乳白色且拥有良好的溶解性和稳定的状态;与惠氏金装爱儿乐和雀巢超级能恩相比,样品婴儿配方奶的口感比较稀薄、奶香味最淡,要距离产品很近距离才可以闻到淡淡的奶香味,但在色泽方面评分较高,整体产品呈乳白色,产品状态较为稳定且挂壁现象不明显。总体来看,该婴儿配方奶整体评价适中,尤其在色泽、状态等方面

表现较好,但在奶香味方面有所欠缺。

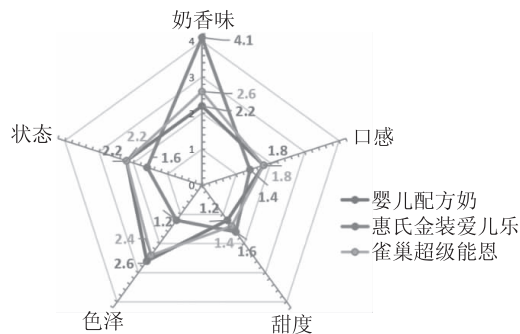


图1 感官评价结果雷达图

Fig.1 Sensory evaluation results radar chart

2.3 婴幼儿配方奶的最佳预热和均质条件

由图2可知,样品1、2、6的整体TSI值偏低,即稳定性较好;结合图3,样品2上层的TSI值随测定时间的延长变化趋势越发陡峭,说明样品2的脂肪上浮现象愈发明显。

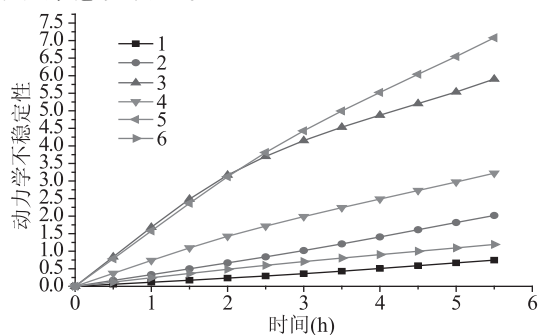


图2 整体稳定性趋势图

Fig.2 Overall stability trend chart

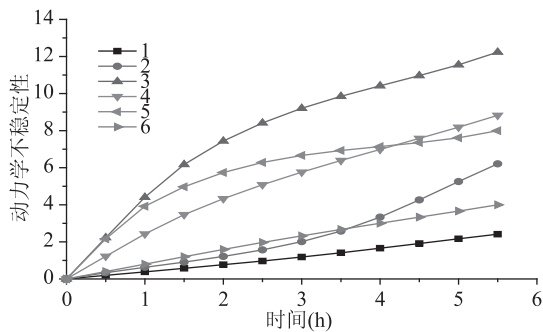


图3 上层稳定性趋势图

Fig.3 Upper stability trend chart

脂肪球粒径大小反映了样品在不同条件下的均质效果,一般情况下,样品在均质后只会出现两个峰,一个是脂肪球中位径所在的最高峰,另一个就是中位径左侧由酪蛋白形成的峰^[7]。然而根据图4,样品3~6在中位径右侧又分别出现了不同高度的峰,说明样品3~6的均质效果不好,这个结果同样样品的TSI值测定结果相符合。因此,样品1的均质预热条件(50℃,25MPa)是最佳的。

2.4 不同贮藏温度下样品的货架期预测

当保藏天数达到25d时,40℃保藏下的样品上层出现了明显可见的白色流动液体并伴有浮于表面的少量白色碎片,白色碎片是由于乳脂肪球和酪蛋

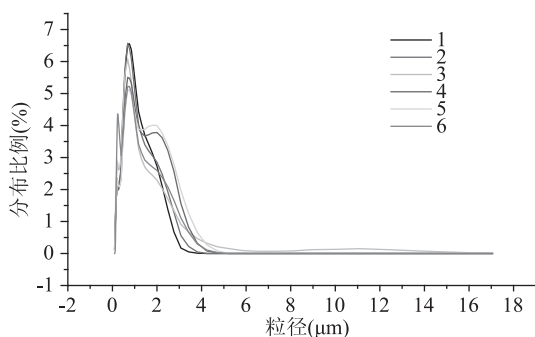


图4 脂肪球粒径分布图

Fig.4 Fat globules particle size distribution

白表面结构被牛乳中天然存在的碱性蛋白酶水解破坏,释放出 α -酪蛋白、 β -酪蛋白,从而导致脂肪自身及脂肪与酪蛋白的聚集,说明此时样品脂肪上浮现象明显^[8]。所以以前一天作为样品在40℃保藏的最后期,即40℃温度下样品的货架期为24d。

以样品第24d的TSI值与各保藏温度进行动力学曲线拟合,得到图5。由图可知样品的TSI值在4~40℃温度区间内呈线性增加的趋势,这说明在此温度范围内,样品的稳定性随温度的增加而线性下降,其方程为 $TSI = 0.0183T + 0.473$, $R^2 = 0.9974$ 。加速比(以下简称为AR)定义为在加速条件下的反应速率与正常储存条件下的比值。由于婴幼儿配方奶在4℃条件下冷藏更具有稳定性,故选择TSI 4℃的实际测量值作为基准,婴幼儿配方奶的AR可定义为在特定加速实验条件下的TSI与TSI 4℃比值。根据此动力学方程,可以计算出加速实验AR。由此,40℃条件下的AR为2.2,即4℃冷藏条件下的货架期约为53d。

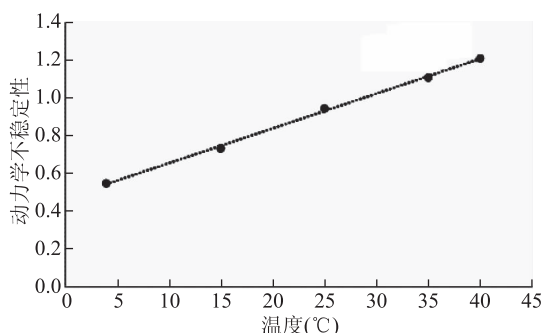


图5 贮藏温度的动力学曲线

Fig.5 Kinetic curves of storage temperature

3 结论

由于婴幼儿配方奶拥有方便易食,卫生易消化等优点,这种产品会逐渐走进我国消费者的视野,并被大众所接受。本文中设计的配方氨基酸模式、脂肪酸比例、碳水化合物要求及微量元素含量均符合食品安全国家标准—婴儿配方食品GB10765-2010。由于实验室设备条件有限,无法达到乳品工厂车间内产品的无菌灌装标准,故货架期比较短。因此后期需要将产品在中试车间生产线上进行验证,从而得到适合商业化生产的婴幼儿配方奶的配方和生产

(下转第193页)

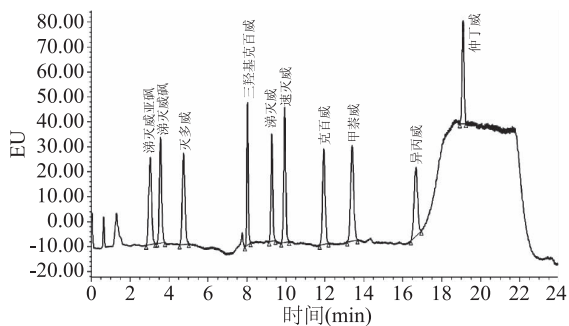


图2 10种氨基甲酸酯农药茶叶加标样品色谱图(0.5 mg/kg)

Fig.2 Chromatography of tea sample spiked with 10 carbamate pesticides (0.5 mg/kg)

分离。方法学结果表明该方法的回收率高,重复性好,精密度高,适合于茶叶中的氨基甲酸酯农药残留分析测定。

参考文献

- [1] 焦广霞, 肖颖. 欧盟茶叶限量标准对茶叶出口的影响及建议[J]. 农业开发与装备, 2016(9): 47
- [2] 刘洋. 茶叶农残限量——欧盟400多项VS中国28项[J]. 食品安全导刊, 2016, 11: 80-82
- [3] 聂颀, 赵建庄. QuEChERS-气相色谱法同时测定水果中多种农药残留量[J]. 江西农业大学学报, 2016, 28(6): 1174-1183.
- [4] 王连珠, 周昱, 陈泳, 等. QuEChERS 样品前处理-液相色谱-串联质谱法测定蔬菜中66种有机磷农药残留量方法评估[J]. 色谱, 2012, 30(2): 146-153.
- [5] 黄霞, 宋莹, 张耀海, 等. QuEChERS-GC/MS 快速检测柑橘中50种农药残留[J]. 食品科学, 2011(18): 268-271
- [6] Sobhanzadeh E, Abu Bakar NK, Bin Abas MR, et al. A simple and efficient multi-residue method based on QuEChers for pesticides determination in palm oil by liquid chromatography time-of-flight mass spectrometry[J]. Environmental Monitoring Assess, 2012, 184(9): 5821-5828.
- [7] Nguyen TD, Lee BS, Lee BR, et al. A multiresidue method for the determination of 109 pesticides in rice using the quick easy cheap effective rugged and safe QuEChERS sample preparation

(上接第180页)

工艺,进一步填补我国相关产品的研究空白。

参考文献

- [1] Jiang Y J, Guo M. Processing technology for infant formula[J]. Human Milk Biochemistry & Infant Formula Manufacturing Technology, 2014: 211-212.
- [2] 戴智勇, 张岩春, 莫红卫, 等. 婴儿液态配方奶在我国的现状调查及分析[C]. 中国奶业协会. 第三届中国奶业大会论文集. 北京: 中国奶牛, 2011: 83-86.
- [3] 中华人民共和国卫生部. GB 10765-2010. 婴儿配方食品[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010: 1-5.
- [4] 王磊, 李凯峰, 孙忠伟. 液体婴儿配方奶生产及维生素添加量的确定[J]. 中国乳业, 2007, (7): 34-38.

method and gas chromatography/mass spectrometry with temperature control and vacuum concentration[J]. Rapid Commun Mass Spectrom, 2007, 21(18): 3115-3122.

[8] Mantzos N, Karakitsou A, Zioris I, et al. QuEChERS and solid phase extraction methods for the determination of energy crop pesticides in soil, plant and runoff water matrices[J]. International Journal of Environmental Analytical Chemistry, 2013, 93(15): 1566-1584.

[9] Chen L, Song F, Liu Z, et al. Multi-residue method for fast determination of pesticide residues in plants used in traditional chinese medicine by ultra-high-performance liquid chromatography coupled to tandem mass spectrometry[J]. Journal of Chromatography A, 2012, 1225: 132-140.

[10] Surma M, Sadowska-Rociak A, Cieslik E. Evaluation of the QuEChERS method with GC-MS detection for the determination of organochlorine pesticides in food of animal origin[J]. Food Analytical Methods, 2014, 7(2): 366-376.

[11] 于杰, 李晓玉, 李淑娟, 等. LCMSMS 测定果蔬中氨基甲酸酯类农药的基质效应研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 12, vol. 34, No. 23: 41-44

[12] Chen Guoqiang, Gao Pengying, Liu Renjiang. A multi-residue method for fast determination of pesticides in tea by ultra-performance liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry with modified QuEChERS sample preparation procedure[J]. Food Chem, 2011, 125(4): 1406-1411

[13] Hou Xue, Lei Shaorong, Qiu Shiting, et al. A multi-residue method for the determination of pesticides in tea using multi-walled carbon nanotubes as a dispersive solid phase extraction absorbent[J]. Food Chem, 2014, 153: 121-129.

[14] 王翔, 宋国新, 胡耀铭. GC/MS 研究茶叶中拟除虫菊酯类农药残留的提取方法[J]. 质谱学报, 2008, 29(2): 97-100.

[15] 陈磊, 上官良敏, 付凤富. QuEChERS 预处理结合 HPLC-MS/MS 同时检测茶叶中7种农药残留物[J]. 中国科学: 化学, 2016, 46: 302-308

[16] 刘柱, 陈万勤, 茅佩卿, 等. MSPD-HPLC 法快速测定水果蔬菜中常用的7种农药残留[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(21): 274-276, 279.

[5] Garcia C, Antona C, Robert B, et al. The size and interfacial composition of milk fat globules are key factors controlling triglycerides bioavailability in simulated human gastro-duodenal digestion[J]. Food Hydrocolloids, 2014, 35: 494-504

[6] Labuza T P, Schmidl M K. Accelerated shelf-life testing of foods[J]. Food Technology, 1985, 39(9): 57-64, 134.

[7] Gassi J, Blot M, Beaucher E. Preparation and characterisation of a milk polar lipids enriched ingredient from fresh industrial liquid butter serum: Combination of physico-chemical modifications and technological treatments[J]. International Dairy Journal, 2016, 52: 26-34.

[8] Korycka M, Ribadeau B. Plasmin activity in milk[J]. Journal Dairy Science, 1983, 66: 704-711.