

以雪莲果汁为壁材制备月见草油微胶囊粉末

高媛媛, 郑为完*, 杨 婧, 刘 凡, 冯韬霖, 薛 军, 陈倩雯

(南昌大学 食品科学与技术国家重点实验室, 江西 南昌 330047)

摘 要: 以月见草油为芯材、雪莲果汁等为壁材, 采用喷雾干燥微胶囊技术制备新型的雪莲果汁粉末油脂。结果表明: 最佳工艺配方为月见草油 30%、聚甘油酯 1.7%、自制辛烯基琥珀酸糯玉米非晶化淀粉酯 14%、稳定剂藻酸丙二醇酯 0.5%、黄原胶 0.5%、羧甲基纤维素钠 0.5%、雪莲果汁(以干基计)25%、麦芽糊精 27.8%。制备的雪莲果汁粉末油脂表面油含量 1.20%、包埋率 96.0%, 富含低聚果糖, 冲溶后的乳状液有雪莲果香且稳定性好。

关键词: 雪莲果; 雪莲果汁; 月见草油; 粉末油脂; 微胶囊

Preparation of Microencapsulated Evening Primrose Oil Powder Using Yacon Juice as Wall Material

GAO Yuan-yuan, ZHENG Wei-wan*, YANG Jing, LIU Fan, FENG Tao-lin, XUE Jun, CHEN Qian-wen

(State Key Laboratory of Food Science and Technology, Nanchang University, Nanchang 330047, China)

Abstract: A new type of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) juice microencapsulated oil powder was prepared by spray drying using evening primrose oil as the core material and Yacon juice as the wall material. The results showed that the optimal formula was 30% evening primrose oil, 1.7% polyglycerol ester, 14% self-made octenyl succinic anhydride-modified maize starch, 0.5% propylene glycol alginate (PGA), 0.5% xanthan gum, 0.5% sodium carboxymethyl cellulose (CMC), 25% yacon juice (dry matter basis), and 27.8% maltodextrin. The oil content on the surface of microencapsulated evening primrose oil powder was 1.20% and the embedding efficiency of evening primrose oil 96.0%. Meanwhile, microencapsulated evening primrose oil powder was rich in fructo-oligosaccharide (FOS). After dissolved, microencapsulated evening primrose oil powder became an emulsion with good stability and yacon flavor.

Key words: yacon; juice; primrose oil; powder oil; microencapsulation

中图分类号: TS255.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2011)16-0136-05

雪莲果(*Smallanthus sonchifolius*), 俗名 Yacon, 为多年生草本植物, 属菊科向日葵属, 别名亚贡、菊薯、地参果等, 是南美洲印第安人的传统食物, 多生长在海拔 1000~3200m 的秘鲁及玻利维亚境内^[1]。雪莲果肉质水嫩多汁、甘甜可口, 可生食、煮食、焙烤及榨汁饮用^[2]。其块茎质量一般为 100~2000g, 以碳水化合物为主的干物质占 10%~14%, 这些碳水化合物多为糖类物质, 不含淀粉。其中低聚果糖是主要的糖类物质, 含量是已知蔬果中最高的, 被称为“低聚果糖之王”^[3]。它是一种难以被人体胃肠道中的酶所降解的糖类, 含有很低的热量, 并且能够通过刺激人体肠道中的有益菌如双歧杆菌或乳酸杆菌的生长, 从而极大地改善肠道功能^[4-5]。雪莲果还含有多种人体必需氨基酸、酚酸、类黄酮、萜类、挥发油、纤维素以及丰富的矿物质^[6], 具有特殊的药用保健功能, 可清肝解毒, 清

理肠胃, 排毒通便, 养颜美容, 以及降血糖、降血脂、抑菌和促进铁钙吸收等药理作用^[7]。

粉末油脂是为避免油脂不溶于水、易氧化或有异味, 将其包裹于微小的胶囊中, 使油脂具有良好的流动性及稳定性^[8-9]。传统粉末油脂微胶囊化的过程和目的都围绕着芯材进行, 可包埋具有保健功能和生理功能的油脂, 如 VE 油、微藻油等^[10-11]。以月见草油为芯材, 因为其富含 γ -亚麻酸(*gamma-linolenic acid*, GLA), 为所有食用植物油之冠。GLA 既是必需的营养元素, 又是预防和治疗疾病的重要药物。已有实验证明, 月见草油具有明显的抗炎、抗氧化、抗血栓、降血脂、降糖、减肥等作用。但液体月见草油易氧化、使用不方便, 采用微胶囊技术将其制成粉末食品添加剂, 可用于生产具有保健功能的食品, 如配方奶粉、固体饮料等^[12-13]。

收稿日期: 2011-05-04

作者简介: 高媛媛(1985—), 女, 硕士研究生, 主要从事粮油与植物蛋白工程研究。E-mail: 1472288989@qq.com

* 通信作者: 郑为完(1946—), 男, 教授, 硕士, 主要从事食品新资源开发研究。E-mail: zheng3008@126.com

本实验再以富含低聚果糖的雪莲果汁为壁材包埋月见草油研发新型的雪莲果汁粉末油脂,寻找合适的稳定体系避免果汁中含有的有机酸、果肉、细小纤维素等对乳状液稳定性的破坏。制备的粉末油脂既具有低聚果糖的生理功能又具有 γ -亚麻酸的功效,且有雪莲果清香舒爽的口感,复水即成为稳定的乳状液。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

新鲜雪莲果 市售。辛烯基琥珀酸糯玉米非晶化淀粉酯 自制;月见草油 万佳植物香料油提炼油厂;其他试剂均为AR级。

1.2 仪器与设备

食品料理机 山东九阳股份有限公司;FA1604 电子天平 上海精天电子仪器厂;SLS 高压均质机 上海东华高压均质机厂;MDRP-5 型离心机、压力二流体喷雾干燥机 锡山市现代喷雾干燥机厂;XL-30-E 环境扫描电镜 荷兰飞利浦公司。

1.3 方法

1.3.1 雪莲果汁粉末油脂的工艺流程

雪莲果→清洗→破碎→0.20%柠檬酸护色剂处理→榨汁→过滤→滤液→高压均质→喷雾干燥→雪莲果汁粉末油脂
↑
自制辛烯基琥珀酸糯玉米非晶 月见草油←乳化剂
化淀粉酯、麦芽糊精、稳定剂

1.3.2 雪莲果汁粉末油脂稳定性测定方法^[14]

采用分层体积数法,将均质后的乳状液倒入带有刻度的试管内,常温静置6h,观察分层情况。

$$\text{乳化稳定性}/\% = 100 - \frac{\text{上层分层体积}/\text{mL}}{\text{乳状液总体积}/\text{mL}} \times 100$$

1.3.3 油相乳化体系的选择

根据实验室经验,选择较成熟的几个乳化体系制备的粉末油脂,以鲜榨雪莲果汁进行冲调,观察现象,比较最好的一个作为雪莲果汁粉末油脂油相乳化体系。

1.3.4 自制辛烯基琥珀酸糯玉米非晶化淀粉酯添加量的选择

分别选择占总固形物含量8%、10%、12%、14%、16%的自制淀粉酯,对月见草油进行包埋,根据均质后乳状液的稳定性,确定淀粉酯的添加量。

1.3.5 雪莲果汁添加量的确定

分别选择占总固形物含量10%、15%、20%、

25%、30%的雪莲果汁(以干基计)考察添加量对乳状液稳定性的影响,麦芽糊精添加量相应减少。

1.3.6 单一稳定剂的选择

分别选择黄原胶、卡拉胶、阿拉伯胶、羧甲基纤维素钠(CMC-Na)和藻酸丙二醇酯(PGA)作为稳定剂进行单因素试验,空白试验为对照,考察稳定剂对乳状液稳定性及雪莲果汁粉末油脂的影响。

1.3.7 复配稳定剂的选择

根据文献记载,复合稳定剂要优于单一稳定剂的稳定效果^[15]。因此选择稳定效果较好的3种稳定剂进行复配试验,考虑到两种稳定剂复配效果可能要优于3种,因此选择一种水平添加量为0,研究稳定剂的最佳配比。

1.3.8 雪莲果汁粉末油脂品质及性能检测

1.3.8.1 感官指标评价

用外观、色泽、滋味与气味、组织状态等感官指标来评定雪莲果汁粉末油脂及复原乳状液。

1.3.8.2 雪莲果汁粉末油脂含油量的测定

采用碱性乙醚提取法^[16]测定雪莲果汁粉末油脂含油量。

$$\text{粉末油脂含油量}/\% = \frac{\text{提取的油脂质量}}{\text{粉末油脂样品质量}} \times 100$$

1.3.8.3 雪莲果汁粉末油脂表面油含量的测定^[17]

准确称取2~3g雪莲果汁粉末油脂样品(m)于100mL烧杯中,加入40mL石油醚,轻微搅拌准确浸提1min,立即用G3砂芯漏斗抽滤,再用25mL石油醚洗涤滤渣后立即抽滤,将滤液转移至已烘干至质量恒定的锥形瓶(m_1)中,回收石油醚后蒸干,65℃真空烘干至质量恒定(m_2)。计算公式如下:

$$\text{表面油含量}/\% = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100$$

1.3.8.4 雪莲果汁粉末油脂包埋率的测定

雪莲果汁粉末油脂作为微胶囊产品,油脂包埋率是衡量微胶囊化效果(microencapsulation efficiency, ME)的重要指标。

$$\text{包埋率}/\% = \frac{\text{总油脂含量} - \text{表面油含量}}{\text{总油脂含量}} \times 100$$

1.3.8.5 雪莲果汁粉末油脂理化指标的测定

水分:参照GB/T 5009.3—2010《食品中水分的测定》进行测定;蛋白质:参照GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》进行测定;脂肪含量:即粉末油脂的含油量;灰分:参照GB 5009.4—2010《食品中

灰分的测定》进行测定；碳水化合物含量 = 100% - (水分含量 + 灰分含量 + 蛋白质含量 + 脂肪含量)。

1.3.8.6 雪莲果汁粉末油脂低聚果糖含量测定

样品处理：将 1.3.8.3 节中抽滤后的滤渣用石油醚转移至锥形瓶中，蒸干石油醚，加入 120mL 超纯水于沸水浴中抽提 30min，超声波辅助提取 5min，3000r/min 离心 5min 后分离，取上清液。

采用高效液相色谱检测方法^[18]，以水和乙腈为流动相，梯度洗脱，氨基色谱柱分离，蒸发光散射检测器 (evaporative light-scattering detector, ELSD) 检测滤液中的低聚果糖含量。

1.3.8.7 雪莲果汁粉末油脂电镜扫描分析

通过扫描电镜 (scanning electron microscope, SEM) 可以观察雪莲果汁粉末油脂颗粒的表面结构，将样品均匀地撒在有胶性物质的样品台上，喷金后置于电子显微镜样品室中，对样品进行观察并拍照，放大倍数为 200~6000 倍。

2 结果与分析

2.1 雪莲果汁粉末油脂油相乳化体系的确定

选择实验室较成熟的 3 个乳化体系包埋月见草油制备粉末油脂，以鲜榨雪莲果汁进行冲调，观察实验现象，结果如表 1 所示。

鲜榨雪莲果汁经柠檬酸护色后 pH4.2~4.5，酪蛋白等电点为 4.6。体系 III 中的酪氨酸钠是酪蛋白的一种衍生物，在微胶囊中作为乳化稳定剂使用。雪莲果汁的 pH 值与酪蛋白等电点较接近，因此产生絮凝。体系 II 中的蔗糖酯在酸性环境中易分解，乳化能力降低，产生分层、破乳现象。乳化体系 I 相对较好，因此选择合适的稳定剂、结合油相配方研发雪莲果汁粉末油脂。

2.2 自制辛烯基琥珀酸糯玉米非晶化淀粉酯添加量的确定

选择乳化体系 I 中的油相配方，20% 的雪莲果汁 (以干基计)，不加稳定剂，麦芽糊精添加量相应减少，考察以自制淀粉酯为水相乳化剂，添加量为 0、8%、10%、12%、14%、16% 时，均质后乳状液稳定性的变化结果如图 1 所示。

不添加淀粉酯时，雪莲果汁粉末油脂乳状液的稳定性较差。当添加量在 8%~14% 逐渐增加时，乳状液的

稳定性也逐渐增加，增加至 16%，稳定性降低。这说明，淀粉酯对乳状液的稳定性有较大影响，但添加量过多会使高压均质效果不好，影响稳定性。因此选择淀粉酯添加量为 14%，此时稳定性为 82.5%。

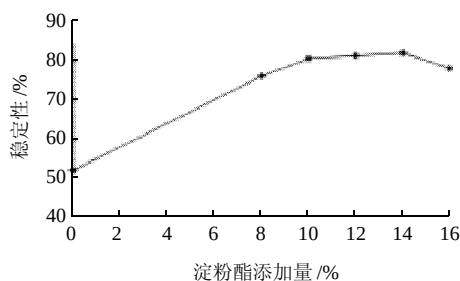


图 1 淀粉酯添加量对乳化稳定性的影响

Fig.1 Effect of starch ester amount on emulsion stability

2.3 雪莲果汁添加量对稳定性的影响

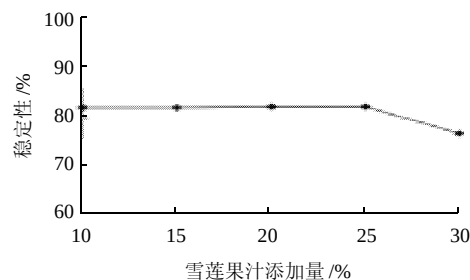


图 2 雪莲果汁添加量对乳化稳定性的影响

Fig.2 Effect of yacon juice amount on emulsion stability

将雪莲果汁添加到壁材，制备微胶囊粉末油脂，既要富有雪莲果清新味道，又要保证均质后乳状液的稳定性，因此，雪莲果汁的添加量 (以干基计) 对产品有很大的影响。根据表 1 中的乳化体系 I 及 2.2 节结果，得到配方：30% 月见草油、1.7% 聚甘油酯、14% 淀粉酯，添加 10%~30% 的雪莲果汁 (以干基计)，不加稳定剂。麦芽糊精添加量相应减少，结果如图 2 所示。

由图 2 可知，添加雪莲果汁后乳状液并非完全稳定，这是因为雪莲果汁中含有的有机酸、果肉、细小纤维素等会破坏乳状液的稳定性。较少的雪莲果汁添加量会使粉末油脂失去雪莲果特定的清香和味道，丧失制备的意义。

表 1 油相乳化体系的确定

Table 1 Oil and aqueous phases and layering phenomena in three different emulsion systems

项目	乳化体系 I	乳化体系 II	乳化体系 III
油相	30% 月见草油、1.7% 聚甘油酯	30% 月见草油、0.7% 单双硬脂酸甘油酯、0.35% 蔗糖酯 570	30% 月见草油、1.4% 单甘酯、0.7% 二乙酰酒石酸单双甘酯
水相	麦芽糊精、自制淀粉酯、黄原胶	麦芽糊精、自制淀粉酯、黄原胶	麦芽糊精、酪氨酸钠、K ₂ HPO ₄
现象	有轻微分层	分层较严重	产生絮凝

当雪莲果汁添加量为 30% 时, 稳定性有明显下降, 这是因为添加过多的雪莲果汁会导致乳状液的酸度增加, 对自制淀粉酯的乳化性有影响, 杂质过多也对稳定性造成影响。因此选择雪莲果汁添加量 25%, 具有雪莲果的气味特征。同时, 实验结果表明, 必须添加稳定剂使乳状液稳定性接近于 1, 否则不能制备性质稳定的雪莲果汁微胶囊粉末油脂。

2.4 单一稳定剂的确定

对于微胶囊化的粉末油脂, 稳定剂一方面能提高产品黏度, 减少分散介质间的吸附, 提高产品的稳定性; 另一方面也是微胶囊的壁材中形成网状结构的骨架物质^[19]。选择常见的几种稳定剂做单因素及空白试验, 考察稳定剂对乳状液稳定性及性状的影响, 稳定剂添加量为 0.5%。

从表 2 可以看出, 单独使用稳定剂时, PGA 的效果较好。因 PGA 分子结构中有疏水基团和亲水基团, 它在微胶囊的乳状液中不仅有稳定增稠作用, 还能在油水界面形成界面膜, 有一定的乳化作用^[20], 对辛烯基琥珀酸淀粉酯也有一定的协同作用。

因为卡拉胶在酸性溶液中不稳定, 阿拉伯胶的水溶液黏度较低, 因此对雪莲果汁粉末油脂乳状液的稳定作用较差。综上考虑, 选择 PGA、黄原胶和 CMC-Na 做复配稳定剂的正交试验。

2.5 复配稳定剂的确定

表 3 复配稳定剂正交试验设计及结果
Table 3 Orthogonal array design and results for optimizing formulation of selected stabilizers

试验号	因素			稳定性/%
	A PGA 用量/%	B 黄原胶用量/%	C CMC-Na 用量/%	
1	1(0)	1(0)	1(0)	82.5
2	1	2(0.5)	2(0.5)	85.2
3	1	3(1.0)	3(1.0)	80.6
4	2(0.5)	1	2	99.5
5	2	2	3	95.8
6	2	3	1	86.4
7	3(1.0)	1	3	70.3
8	3	2	1	79.3
9	3	3	2	60.4
k_1	82.77	84.10	82.73	
k_2	93.90	86.77	81.70	
k_3	70.00	75.80	82.23	
R	23.90	10.97	1.03	

表 2 单一稳定剂的确定

Table 2 Effect of different stabilizers on emulsion stability and physical phenomena

稳定剂(添加量 0.5%)	黄原胶	卡拉胶	阿拉伯胶	CMC-Na	PGA	无稳定剂
稳定性/%	95.8	83.2	88	93.6	99.6	82.5
乳状液性状描述	乳黄色, 不挂壁, 上层絮凝分层	乳白色, 挂壁, 分层较严重	乳黄色, 挂壁, 分层严重	乳白色, 稍微挂壁, 上层絮凝分层	乳白色, 不挂壁, 上层轻微结膜	乳白色, 挂壁, 分层较严重

从表 3 可知, 这 3 种稳定剂对雪莲果汁粉末油脂乳状液稳定性影响的顺序为 $A > B > C$, 即 PGA 用量对稳定性的影响最大, 这与单一稳定剂的试验结果相一致。从 7、8、9 号试验结果可以看出, 当 PGA 添加量为 1.0% 时, 雪莲果汁粉末油脂的稳定性都不是很好, 可能因为添加过多的 PGA, 与乳化剂及其他稳定剂产生相分离现象。在试验过程中, 发现 PGA 添加量为 1.0% 时, 稳定剂较难溶解, 乳状液中有许多大块的胶状颗粒, 影响均质和喷雾。

通过正交试验得到的复配稳定剂为 $A_2B_2C_1$, 经验证实验其稳定性为 99.6%, 考虑到 CMC-Na 的耐酸性及黏稠作用较好, 采用 $A_2B_2C_2$ 为最佳组合, 即 PGA 用量 0.5%、黄原胶用量 0.5%、CMC-Na 用量 0.5%。经验证实验, 此复配稳定剂的稳定效果较好, 稳定性接近 100%, 乳状液色泽乳白、分布均匀、不挂壁, 无异味、有雪莲果淡淡的清香。

2.6 雪莲果汁粉末油脂及复原乳感官指标

表 4 雪莲果汁粉末油脂感官指标

Table 4 Sensory characteristics of yacon juice microencapsulated oil powder

指标	指标结果
外观	粉末疏松干燥, 无杂质、颗粒、结块, 流动性较好
色泽	均匀的乳白色
滋味与气味	具有雪莲果特有的清香, 酸甜可口, 无异味
杂质	无肉眼可见的外来杂质
溶解性	70℃ 以上热水迅速溶解分散
冲泡状态	冲泡后呈乳白色均匀的乳状液

表 5 复原乳状液感官指标

Table 5 Sensory characteristics of reconstituted emulsion of yacon juice microencapsulated oil powder

指标	指标结果
色泽	均匀的乳白色
组织形态	乳状液滑润细腻, 无分层, 静置 24h 后也无分层和沉淀
滋味与气味	具有雪莲果特有的清香, 淡淡酸甜味, 无其他异味
表面脂肪膜	无
粒子挂壁	无

通过表 4、5 可知, 雪莲果汁粉末油脂及复原乳的感官指标除了具有雪莲果特有的清香, 滋味酸甜可口外, 其他指标与一般粉末油脂无差别, 符合微胶囊粉末油脂的感官标准。

2.7 雪莲果汁粉末油脂的理化指标

表6 雪莲果汁粉末油脂理化指标
Table 6 Physical and chemical indices of yacon juice microencapsulated oil powder

指标项目	水分	蛋白质	脂肪	灰分	碳水化合物	表面油	包埋率
含量/%	2.75	1.69	29.53	1.0	65.03	1.20	96.0

表7 低聚果糖含量
Table 7 Contents of fructo-oligosaccharides in yacon juice microencapsulated oil powder

项目	蔗果三糖	蔗果四糖	蔗果五糖
含量/(mg/g)	20.56	18.17	12.03

由表6可知,雪莲果汁粉末油脂水分含量2.75%,能够达到长期保存的目的。脂肪即月见草油的含量29.53%,与配方中30%月见草油相比有少量损失。表面油含量1.20%,包埋率为96.0%,说明制备的粉末油脂的质量良好。由表7可知,雪莲果汁粉末油脂中含有低聚果糖,证明其具有功能性,可应用于功能食品中。

2.8 雪莲果汁粉末油脂的电镜扫描图

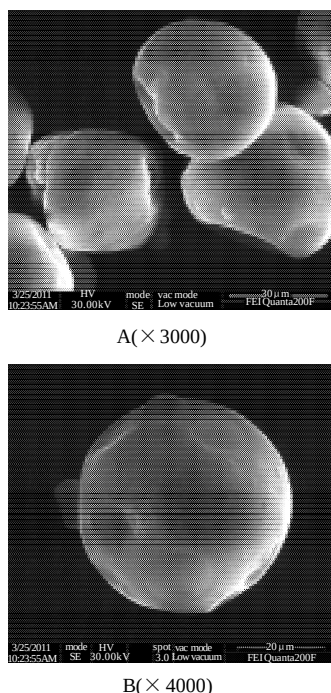


图3 粉末油脂电镜扫描图

Fig.3 SEM images of yacon juice microencapsulated oil powder

从图3可以看出,制备的雪莲果汁粉末油脂大小形态比较均一,表面并不完全光滑,有轻微凹陷,这可能是雪莲果汁含有少许纤维素等杂质,作为微胶囊壁材黏附在表面上。

3 结论

以雪莲果汁和其他材料为壁材、月见草油为芯材,

采用微胶囊技术制备具有保健功能的雪莲果汁粉末油脂,较佳的工艺配方为30%月见草油、1.7%聚甘油酯、14%自制辛烯基琥珀酸糯米非晶化淀粉酯、稳定剂为0.5% PGA + 0.5% 黄原胶 + 0.5% CMC-Na、25%雪莲果汁添加量(以干基计)、27.8%麦芽糊精。

雪莲果汁粉末油脂色泽乳白,热水冲溶后有雪莲果香、稳定性好。其表面油含量1.20%较低,包埋率96.0%较高,这说明成功将雪莲果汁添加到微胶囊壁材中,制备了新型的雪莲果汁粉末油脂,克服了雪莲鲜果易腐败氧化、营养损失大等缺点,提高了雪莲果的利用价值。

制备的雪莲果汁粉末油脂富含低聚果糖,且以富含 γ -亚油酸的月见草油为芯材,具有特殊的生理功能,可作为原材料开发功能性食品,也可作为粉末食品添加剂应用于乳品中开发配方奶粉或功能性固体饮料等。

参考文献:

- [1] PEDRESCHI R, CAMPOS D, NORATTO G, et al. Andean yacon root (*Smallanthus sonchifolius* Poepp. Endl) fructooligosaccharides as a potential novel source of prebiotics[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2003, 51(18): 5278-5284.
- [2] ANONYMUS. Lost crops of the incas: little-known plants of the andes with promise for worldwide cultivation[M]. Washington, DC: The National Academic Press, 1989.
- [3] GRAEFE S, HERMANN M, MANRIQUE I, et al. Effects of post-harvest treatments on the carbohydrate composition of Yacon roots in the Peruvian andes[J]. Field Crops Research, 2004, 86(2/3): 157-165.
- [4] GENTA S, CABRERA W, HABIB N, et al. Yacon syrup: Beneficial effects on obesity and insulin resistance in humans[J]. Clinical Nutrition, 2009, 28(2): 182-187.
- [5] MUSSATTO S I, MANCILHA I M. Non-digestible oligosaccharides: A review[J]. Carbohydrate Polymers, 2007, 68(3): 587-597.
- [6] 陈学玲, 关键, 何建军, 等. 雪莲果的功能特性及应用[J]. 农产品加工: 学刊, 2010(10): 18-19.
- [7] TUNGLAND B C. Fructooligosaccharides and other fructans: Structures and occurrence, production, regulatory aspects, food applications, and nutritional health significance[C]//Proceedings of the 223rd American-Chemical-Society National Meeting. Orlando, Florida: 2002.
- [8] 熊华, 郑为完. 粉末油脂的特点与在食品工业中的应用[J]. 食品科学, 2002, 23(5): 154-157.
- [9] 王宝琴, 徐泽平. 微胶囊化粉末油脂制品的技术研究[J]. 粮油加工, 2010(7): 8-11.
- [10] 龙吉云, 郑为完, 廖和菁, 等. 包埋高含量天然VE油微胶囊粉的性质表征[J]. 食品科学, 2010, 31(17): 129-133.
- [11] 白春清, 韩丹, 熊华, 等. 微藻油微胶囊配方优化及其稳定性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 5-9.
- [12] 熊华, 夏慧玲, 郑为完, 等. 微胶囊月见草油复合食品添加剂及其在食品中的应用[J]. 中国油脂, 2004, 29(6): 62-64.
- [13] 李国栋, 范伟, 陆国浩, 等. 月见草油的研究概况[J]. 药学实践杂志, 2003, 21(3): 171-174.
- [14] 祝爱侠, 王春维, 赵胜军, 等. 乳化条件对饲用大豆粉末油脂乳化稳定性的影响[J]. 中国饲料, 2007(3): 17-20.
- [15] 王凤芳. 含果汁饮料稳定性的研究[J]. 食品工业科技, 1998(6): 36-37.
- [16] 孔令伟, 郑为完, 张雪春, 等. 蜡质玉米淀粉的双重改性及其在油脂微胶囊化中的应用[J]. 食品科学, 2010, 31(18): 161-164.
- [17] 廖和菁, 郑为完, 易路遥. 丁酸甘油脂的合成及其在油脂微胶囊化中的应用[J]. 食品科学, 2009, 30(16): 203-205.
- [18] 傅博强, 王晶, 王远兴, 等. 食品中低聚果糖高效液相色谱检测方法研究[J]. 食品工业科技, 2010(9): 370-374.
- [19] 富校轶, 王英男, 孙树坤. 微胶囊化粉末大豆油脂壁材及乳化剂的研究[J]. 大豆通报, 2005(2): 25-26.
- [20] 张立群, 张双玲, 张莹梅. 啤酒泡沫稳定剂: 藻酸丙二醇酯应用研究[J]. 酿酒, 2002, 29(4): 98-99.