

引用本文格式 张琳, 杨丽. 交叉融合探索性实验在食品营养与健康专业教学中的应用[J]. 农业工程, 2024, 14(2): 129-133. DOI: 10.19998/j.cnki.2095-1795.2024.02.022. ZHANG Lin, YANG Li. Applications of exploratory experiments with multidisciplinary fusion in teaching of food nutrition and health majors[J]. Agricultural Engineering, 2024, 14(2): 129-133.

交叉融合探索性实验在食品营养与健康专业教学中的应用

张 琳, 杨 丽

(华南理工大学食品科学与工程学院, 广东 广州 510640)

摘 要: 依托华南理工大学食品科学与工程学院优质科研资源和实验条件, 为新设立的食品营养与健康专业开设不同功效成分软胶囊生产和质量检测实验课。该课程为综合性探索性实验, 融合食品专业多学科知识, 采用学生为主体、教师指导的开放式教学模式, 学生分组合作, 包括设计配方、生产、包装、质量检测 and 撰写报告。实验内容贴合日常保健和健康, 涵盖知识点多, 可操作性强, 能极大激发学生的实验兴趣和培养综合能力。两年的教学实践表明, 教学效果反馈良好, 学生认可度高。

关键词: 食品营养与健康; 探索性实验; 软胶囊; 蜂胶; 教学改革

中图分类号: G642 文献标识码: A 文章编号: 2095-1795(2024)02-0129-05

DOI: 10.19998/j.cnki.2095-1795.2024.02.022

Applications of Exploratory Experiments with Multidisciplinary Fusion in Teaching of Food Nutrition and Health Majors

ZHANG Lin, YANG Li

(School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou Guangdong 510640, China)

Abstract: Based on high-quality scientific research resources and experimental conditions of School of Food Science and Engineering, South China University of Technology, experimental course of "production and quality testing of soft capsules with different functional components" is set up for newly established course of food nutrition and health. This course is a comprehensive exploratory experiment that integrates multidisciplinary knowledge in food major. It adopts an open teaching model with students as main body and teacher guidance. Students work together in groups to design their own formulas, production, packaging, quality testing, and write reports. Content of experiment is suitable for daily health care, covering many knowledge points and strong operability, which could greatly arouse students' interests in the experiment. After two years of practice, this course has achieved good teaching effect feedback and high recognition from students.

Keywords: food nutrition and health, exploratory experiment, soft capsule, propolis, teaching reform

0 引言

近年来, 随着《“健康中国 2030”规划纲要》《国民营养计划(2017—2030 年)》等文件的发布, 推进健康中国建设是实现人民健康与经济社会协调发展的国家战略^[1]。教育部 2019 年增设了食品营养与健康专业, 旨在培养学生营养健康食品研发、食品营养均衡搭配、食品质量控制与管理等能力。2022 年华南

理工大学获批食品营养与健康本科专业, 将食品营养与健康的理论和信息科学的新理念融入到食品科学与工程教育中, 以面向新经济发展需要、面向未来的姿态, 探索和布局食品专业新结构, 注重学科交叉、实践引导, 凸显新工科优势。致力于培养食品营养与健康新工科人才, 以满足蓬勃发展的食品产业和大健康产业对人才的迫切需求^[2]。

目前学院已开设食品新产品研发与设计、营养工

收稿日期: 2023-02-27 修回日期: 2023-05-16

基金项目: 华南理工大学 2022 年“百步梯攀登计划”项目(j2tw202202094); 华南理工大学 2022 年探索性实验项目(C9226460); 华南理工大学 2022 年教研教改项目(C9223128)

作者简介: 张琳, 硕士, 实验师, 主要从事食品分析与营养保健研究 E-mail: felzhang@scut.edu.cn

在线投稿
www.d1ae.com

程学等理论课,拥有健康食品良好生产虚拟仿真实践与设计虚拟仿真实验教学项目,但相关实验课程较少,缺乏与专业特点相适应的个性化实验,对后续专业实习缺少足够强度的支撑^[3]。因此在科研成果和本科生创新研究的基础上,利用学院充足的资源和设备,开发了不同功效成分软胶囊生产和质量检测探索性实验课。开设两年来学生对实验课表现出极大的参与度和积极性,取得了良好的教学效果。

1 实验设计思路与教学安排

1.1 设计思路

软胶囊是指将一定量的液体药物或液固体药物经处理密封于软质囊材中制成的一种胶囊剂,可掩盖药物不良气味,广泛应用于医药及保健品行业^[4]。市场上有很多软胶囊剂型的保健食品,学生对自己能动手制作这些与生活和应用密切相关的产品兴趣度高、热情度大。另外软胶囊生产工艺较简单、产品收率高、成型性好,学生上手操作快、容易成功。为此,选择软胶囊为实验剂型,融入多学科知识,以软胶囊产品开发生产为主线,设计了配方开发、生产包装、质量检测等操作模块。每个模块均模拟产品研发、制剂生产、品质管理等实际工作岗位,让学生熟悉保健食品研发流程和生产工序,对食品生产体系有整体认识。课程设计系统完整,涵盖整个保健食品研发生产过程,而每个模块又有自己的独立性,可灵活拆分进行深入实验教学,形成了模块化、弹性化的课程体系^[5]。项目示意如图1所示。



图1 实验课操作模块及涵盖课程和对应岗位

Fig. 1 Operation module of experimental course and its covered courses and corresponding positions

1.2 教学安排

学生自由分组,4~5名学生为一个实验小组,设立一名组长。实验前查阅文献或观看视频设计实验方案,包括选择原辅料、确定功效成分含量和样品规格,熟悉生产设备操作规程。学生和教师讨论后确保方案安全可控方可进入实验室开始实验。

考虑到软胶囊生产完需风干24 h完全干燥后才能进行后续包装等工序,因此实验课分两次开设,8~10学时。第1次进行软胶囊生产,包括化胶、配液、制丸等操作(4~5学时),每个生产工序均填写生产操作记录表,计算物料平衡。第2次先完成产品铝塑包装,然后运用各种分析仪器进行质量检测,根据相关指标分析和判断制剂是否合格(4~5学时)。实验结束后每组学生提交一份论文形式的实验报告和一份制剂质量检测报告。

2 实验原料和仪器

2.1 原材料

明胶,冻力180,罗赛洛广东明胶有限公司;甘油,湖南尔康制药有限公司;纯净水;鱼油,宁波鼎元生物科技有限公司;蜂胶,河南省长兴蜂业有限公司;维生素E油,安徽辰善食品配料有限公司;大豆油,安徽辰善食品配料有限公司;芦丁标准品,纯度HPLC≥98%,中国食品药品检定研究院;乙醇,分析纯,广州化学试剂厂。

2.2 仪器

JLR-50型软胶囊机,北京中天精蓝科技有限公司;真空搅拌桶、TLE 204型分析天平,梅特勒-托利多仪器有限公司;胶囊铝塑包装机,广州机械设备厂;UV-1800型紫外可见光分光光度计,上海美普达科技有限公司等。

3 实验方法

3.1 课前准备

教师提供3种不同功效成分和物理性质的软胶囊内容物(鱼油、蜂胶和维生素E),基础原辅料如明胶、甘油、大豆油等。其中鱼油和维生素E是脂溶性油状物,制成软胶囊的工艺较简单。蜂胶是固体,需和稀释剂大豆油按适宜比例混合后制成混悬型软胶囊,制作工艺较复杂。学生小组讨论后自主选择内容物设计实验方案(包括产品配方、仪器试剂、实验步骤等)。参考配方(按1000粒计算)如表1所示,生产工艺如图2所示。

3.2 实验内容

3.2.1 配方研究

以内容物选择蜂胶为例。

表 1 软胶囊参考配方
Tab. 1 Reference of soft capsules formula

配方	规格/(g·粒 ⁻¹)	鱼油/g	蜂胶/g	维生素 E/g	大豆油/g	明胶/g	甘油/g	水/g
1	1.0	400	/	/	140	200	60	200
2	2.0	/	450	/	450	480	140	480
3	0.5	/	/	100	170	100	30	100

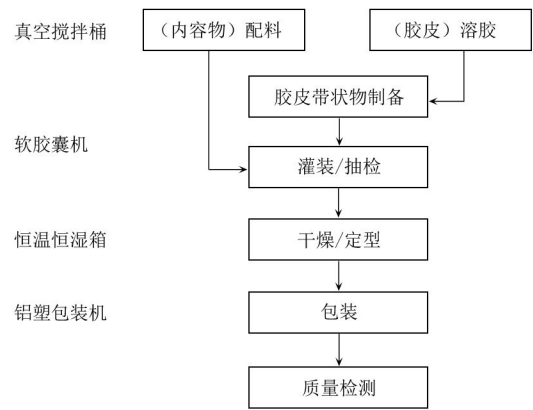


图 2 软胶囊生产工艺

Fig. 2 Production process of soft capsule

3.2.1.1 胶皮配方筛选

软胶囊胶皮常用原辅料为明胶、甘油和纯净水。通用比例为明胶：甘油：水=1：（0.3~0.4）：1。明胶颗粒类型和冻力大小是决定胶皮质量的关键因素之一，可使用不同型号明胶颗粒制备胶皮，对比胶液黏度、胶囊质量等指标进行选择。经筛选明胶 180（骨胶）具有良好的冻力和胶液黏度，满足生产需求。

3.2.1.2 内容物配方筛选

内容物物理稳定性是评价混悬型软胶囊的重要指标，可通过测定沉降体积比来比较内容物蜂胶与基质大豆油相容的稳定性，内容物越稳定，生产出的胶囊漏油少，质量好^[6]。

将蜂胶和大豆油按质量比为 3：7、4：6、5：5 和 6：4 进行混合，置于 50 mL 具塞量筒中充分振摇，记录混悬液初始高度 H_0 （mL），放入 40℃ 恒温水浴锅内，在 30 min、1 和 2 h 时记录沉降面高度 H_1 （mL），计算沉降体积比 F （ $F=H_1/H_0$ ）， F 值变化越小说明内容物越稳定^[7]。

3.2.2 生产操作

3.2.2.1 称量备料

学生自行计算生产一批软胶囊每种材料用量（按 10 000 粒计算，规格 2.0 g/粒），选择适宜量程的天平进行称量。

3.2.2.2 胶皮制备

将配方称量的甘油、纯净水放入真空搅拌桶中，升温至 90℃ 时缓慢加入明胶，搅拌 60 min 左右使明胶完全溶解，无气泡，调整温度至 70℃ 保温备用。

3.2.2.3 软胶囊生产

启动软胶囊机，左右两侧胶盒温度设定 58~62℃、滚模转速 3~4 r/min。打开胶盒出胶口，让明胶缓慢流动到滚模上制做胶皮带状物，并调节胶皮厚度 0.8 mm 左右。喷体温度设定 38~45℃、喷体流速 10~15 mL/min，放下供料组件灌装蜂胶、大豆油内容物进入胶膜中，即可生产出软胶囊。生产过程中进行质量抽检，每隔 5 min 检查 10 粒样品质量和性状。

3.2.2.4 干燥装瓶

生产好的软胶囊放入凉盘，放入恒温恒湿箱进行 24 h 干燥过夜。开启铝塑包装机调节温度至 150~180℃ 进行铝箔包装，10 粒/板。

3.2.3 质量检验

参考中国药典 2020 版附录 IA 和各类国家标准及文献。

3.2.3.1 感官指标

在自然光线下，用目测、鼻嗅和口尝方法进行检验，观察色泽、滋味、气味和性状等感官指标。

3.2.3.2 质量差异

取供试品 20 粒，分别精密称定质量，倾出内容物，再分别精密称定囊壳质量，求出每粒内容物的装量与平均装量。超出装量差异限度的不得>2 粒，并不得有 1 粒超出限度 1 倍。质量差异限度 $\pm 7.5\%$ ^[8]。

3.2.3.3 崩解时限

取供试品 6 粒，依次置于崩解仪吊篮里，加挡板，浸入 1 000 mL 烧杯中，烧杯内盛有温度（37 ± 0.5 ）℃ 的蒸馏水，往返速度 30~32 次/min。每粒均应在 15 min 内全部崩解^[9]。

3.2.3.4 功效成分含量测定

称取 5.0 mg 芦丁标准品，加甲醇定容至 100 mL 得到浓度 50 $\mu\text{g/mL}$ 的对照品溶液。称取 0.5 g 样品内容物，加乙醇定容至 50 mL 并离心，吸取澄清液 1.0 mL 用甲醇定容至 50 mL 得到供试品溶液。取供试品溶液和对照品溶液用紫外-可见分光光度计在 360 nm 吸收波长处测定吸收值计算回归方程，计算样品中总黄酮含量^[10]。

3.3 课后作业

每组按照生产企业质量标准设计一份检测报告，依据实验结果对自制软胶囊的品质进行评价。提交一份论文形式的实验报告，内容无固定模式，可总结做好实验的关键、失败的教训及自己的体会、实验现象

的分析和解释、结果的误差分析及对该实验的改进意见等各个方面。

4 实验结果与讨论

4.1 内容物配方比

实验结果如表 2 所示，随着蜂胶与大豆油比例增加，沉降体积比提高，内容物稳定性好。但蜂胶比例过大，无法完全溶解在大豆油中，内容物无流动性。选择蜂胶与大豆油质量比 5 : 5 作为内容物配方比。

表 2 内容物配方筛选结果
Tab. 2 Content formula screening results

配方	蜂胶 /%	大豆油 /%	40 ℃ 放置沉降体积比		
			30 min	1 h	2 h
配方 1	30	70	0.92	0.83	0.72
配方 2	40	60	0.94	0.91	0.88
配方 3	50	50	0.99	0.98	0.98
配方 4	60	40	0	0	0

4.2 生产记录和物料平衡

根据内容物配方比实验结果投料，计划产量 10 000 粒。称量蜂胶 4.50 kg、大豆油 4.50 kg、明胶 4.80 kg、甘油 1.30 kg 和纯净水 4.80 kg，总质量 20.00 kg。生产过程数据记录如表 3 所示。由表 3 可知，物料平衡 98.85%，符合生产企业操作标准。

4.3 质量指标

样品为椭圆形深棕色软胶囊，外观整洁，无黏结、变形或破裂，内容物有蜂胶特有的芳香味。取 20 粒样品经测定平均质量 2.063 g，质量差异在±7.5%之内，取 6 粒样品均在 15 min 内崩解，符合药典要求。功效成分总黄酮含量 4.56 g/100 g，结果接近理论值。

5 教学效果

5.1 融合多学科知识，内容丰富

实验交叉融合食品营养学、食品加工机械设备、食品分析、食品包装与保藏等多学科知识，筛选配方、选用参考指标、制定设备操作程序和规程、确定质量

检测项目及合理安排实验，都需要学生自己查资料结合理论课知识来思考设计。实验也是其他专业基础实验课的总结和提高，融合了食品分析实验、生物化学实验、食品工厂设计实验等课程内容，涉及面广、自由度高，能极大提高学生综合能力。

5.2 培养团队合作能力，各司其职

实验中同组学生要明确分工并密切配合。如软胶囊生产过程中，学生甲负责观察左右胶盒温度和胶液流速，学生乙负责调节和检查胶皮厚度，学生丙负责灌装内容物和观察样品性状，学生丁负责根据其他人的要求随时调整软胶囊机生产参数和记录实验数据。大家各尽其责、交叉协助，共同完成实验。这种操作步骤责任制的模式，既能发挥学生主观能动性，增强责任心，又能培养他们协同合作的团队精神^[11]。

5.3 开发全新教学模式，培养能力

本实验课依托华南理工大学食品科学与工程学院良好的实验环境和优质的设备资源，采用以学生为主体、教师辅助指导的开放式教学模式。除了完成本实验内容，学生还可以自己设计不同配方和剂型的样品进行多角度探索。实验开放性大，不确定因素多，在操作中经常会遇到失败，需要学生心态乐观，不怕挫折，积极思考，在分析和解决问题中不断学习和创新^[12]。

6 结束语

与传统实验课相比，本实验课融合多学科知识，课程内容涵盖保健食品研发生产和质量检测，让学生通过团队合作和个人任务来完成食品生产全过程，将理论知识与实践操作融会贯通。逐步形成独立式、合作式、探究式的实验模式，培养学生创新思维和提高实践能力，更好地培养满足时代需求的创新型人才。

参考文献

[1] 沈思彤. 新时期食品营养与健康研究[J]. 食品安全导刊,

表 3 软胶囊生产操作记录
Tab. 3 Soft capsule production operation record

生产计划	品名	规格/(g·粒 ⁻¹)	批号	批量/粒
	蜂胶软胶囊	2	11-01	10 000
工艺设定	胶盒温度/℃	喷体流速/(mL·min ⁻¹)	滚模转速/(r·min ⁻¹)	喷体温度/℃
	61	12~15	3~4	42
物料使用	物料	投料量/kg	使用量/kg	剩余量/kg
	内容物	9.00	8.21	0.27
	胶液	11.00	9.23	0.46
计算与审核	物料平衡/%	设备	检验人	复核人
	98.85	软胶囊机，真空搅拌机	学生甲	学生乙

注：物料平衡=(使用量+剩余量+残损量)/投料量×100%。

- 2022(20): 116-118.
- SHEN Sitong. Study on food nutrition and health in the new period [J]. China Food Safety Magazine, 2022(20): 116-118.
- [2] 新工科、新文科、新医科如何建?华南理工大学给出了答案! [N]. 中国教育在线, 2020-08-08.
- [3] 王秀霞, 王艳丽, 王修中. 面向食品类专业的基础化学综合实验设计[J]. 实验室研究与探索, 2022, 41(10): 206-210.
- WANG Xiuxia, WANG Yanli, WANG Xiuzhong. Comprehensive experimental design of basic chemistry for food majors[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2022, 41(10): 206-210.
- [4] 林雨馨, 张强, 程岚, 等. 软胶囊物料性质与表征技术研究进展[J]. 山东化工, 2022, 51(11): 94-96.
- LIN Yuxin, ZHANG Qiang, CHENG Lan, et al. Research progress on properties and characterization technology of soft capsule materials [J]. Shandong Chemical Industry, 2022, 51(11): 94-96.
- [5] 张莉华, 张境, 叶双明, 等. 基于产教融合的保健品开发与管理“专业综合实训”课程研究与实践[J]. 农产品加工, 2021(5): 79-86.
- ZHANG Lihua, ZHANG Jing, YE Shuangming, et al. The curriculum design and practice of health products development and management of comprehensive training based on the integration of production and education[J]. Farm Products Processing, 2021(5): 79-86.
- [6] 黄仪友. 巴西绿蜂胶软胶囊的配方工艺研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(11): 4 666-4 670.
- HUANG Yiyou. Study of the formula and technology of the Brazil green propolis soft capsule[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2015, 6(11): 4 666-4 670.
- [7] 杨国志. 独角莲蜂胶软胶囊制备工艺筛选试验研究[J]. 黑龙江中医药, 2019, 48(2): 190-192.
- [8] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典: 一部[M]. 北京: 中国医药科技出版社, 2020.
- [9] 付莉娜, 陈丽珍, 贾飞, 等. 软胶囊溶出度试验方法研究策略[J]. 中国药学杂志, 2018, 53(14): 1 234-1 238.
- FU Lina, CHEN Lizhen, JIA Fei, et al. Research strategy of dissolution test of soft capsules[J]. Chinese Pharmaceutical Journal, 2018, 53(14): 1 234-1 238.
- [10] 李跃彬, 俞金标, 吴斯燕, 等. 巴西绿蜂胶胶囊总黄酮的测定[J]. 食品安全质量检测学报, 2015, 6(8): 3 060-3 063.
- LI Yuebin, YU Jinbiao, WU Siyan, et al. Determination of total flavonoids in Brazil green propolis capsule[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2015, 6(8): 3 060-3 063.
- [11] 王占一, 王红妹, 张立华, 等. “五位一体”教学法在保健品设计与开发课程中的应用[J]. 实验科学与技术, 2019(6): 77-80.
- WANG Zhanyi, WANG Hongmei, ZHANG Lihua, et al. The application of "five in one" teaching method in health care product design and development[J]. Experiment Science and Technology, 2019(6): 77-80.
- [12] 桂馨, 石嘉豪, 汪贵英, 等. 开放实验教学优化分子生物学精品实验项目[J]. 实验室研究与探索, 2021(1): 201-203, 207.
- GUI Xin, SHI Jiahao, WANG Guiying, et al. Opening experimental teaching and optimizing a superior experiment items of molecular biology[J]. Research and Exploration in Laboratory, 2021(1): 201-203, 207.