

模糊数学方法研制麦麸悬浮饮料

周利茗*

(重庆市药品技术审评认证中心, 重庆 400000)

摘 要: **目的** 利用麦麸中阿魏酸等活性成分研制一款全麦麸食品。**方法** 采用均匀试验设计原理, 结合模糊数学综合分析法, 探讨出一种麦麸悬浮饮料的最佳配方比例。**结果** 白砂糖添加量为 3.5 g/100 mL、麦麸: 水为 1:100(g:mL)、复合稳定剂添加量为 0.08 g/100 mL、黄原胶:魔芋胶为 7:3(m:m)为麦麸悬浮饮料最佳配方比例。产品中膳食纤维总量为 0.872 g/100 mL, 黄酮含量为 0.92 mg/100 mL, 阿魏酸含量为 2.81 mg/100 mL, 二苯基苦酰肼基自由基清除率达到 63.9%。**结论** 制备的麦麸悬浮饮料口感顺滑, 具有浓郁麦香味, 麦麸颗粒能够均匀稳定悬浮。

关键词: 麦麸; 复合稳定剂; 悬浮饮料; 模糊综合分析

Development of wheat bran suspension beverage by fuzzy mathematics

ZHOU Li-Ming*

(Chongqing Center for Drug Evaluation and Certification, Chongqing 400000, China)

ABSTRACT: Objective To develop a whole wheat bran food by using active ingredients such as ferulic acid in wheat bran. **Methods** Using the uniform experimental design principle and the fuzzy mathematics comprehensive analysis method, the optimal formula ratio of a wheat bran suspension beverage was discussed. **Results** The optimal formula ratios of wheat bran suspension drink were as follows: white granulated sugar content was 3.5 g/100 mL, wheat bran: water was 1:100 (g:mL), composite stabilizer content was 0.08 g/100 mL, and xanthan gum: konjac gum was 7:3 (m:m). The total dietary fiber content was 0.872 g/100 mL, the flavonoid content was 0.92 mg/100 mL, the ferulic acid content was 2.81 mg/100 mL, and the diphenyl picohydrazide radical scavenging rate reached 63.9%. **Conclusion** The prepared wheat bran suspension beverage has a smooth taste and a rich wheat flavor, and the wheat bran particles can be uniformly and stably suspended.

KEY WORDS: wheat bran; compound stabilizer; suspended beverage; fuzzy comprehensive evaluation

1 引 言

小麦是世界上种植面积最大, 分布最广, 最为重要的农作物之一。我国是小麦生产大国, 每年加工出的麦麸可达 2000 万吨以上, 但大多数都只是被作为饲料原料而直接利用, 没有进行深加工利用^[1]。多项研究发现, 麦麸含有丰富的功能性成分, 如较为熟知的不溶性膳食纤维、可溶

性膳食纤维、淀粉多糖和非淀粉多糖、阿魏酸、黄酮类物质等^[2-5]。随着研究的深入, 麦麸被越来越广泛的应用于食品行业, 一些文献中有关于利用麦麸研制新型保健酸奶、膳食纤维方便食品、麦麸膨化食品、麦麸饮料等方面的研究^[6-9]。也有获得专利授权的麦麸保健酒、麦麸健康粥粉、超微麦麸纤维片等^[10-12]。这些产品主要围绕麦麸膳食纤维展开, 较少麦麸中其它营养成分的利用和产品功能性等方

*通讯作者: 周利茗, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全。E-mail: zhouliming_24@126.com

*Corresponding author: ZHOU Li-Ming, Master, Engineer, Chongqing Center for Drug Evaluation and Certification, Chongqing 400000, China. E-mail: zhouliming_24@126.com

面进行考虑,如麦麸中阿魏酸、黄酮、水溶性膳食纤维等。本研究利用均匀设计开展试验,结合模糊数学综合分析方法对感官评价结果进行分析,确定出麦麸悬浮饮料的最佳配方比例,并对产品中功能性成分含量进行测定^[13-19],以期开发一款能够充分利用麦麸营养成分的麦麸悬浮饮料,为全麦麸产品的开发提供参考。

2 材料与方法

2.1 材料、试剂与仪器

实验所用麦麸为雅安市售;对照产品:东方树叶红茶、东方树叶绿茶、王老吉凉茶、脉动、维他命饮料、苹果醋均为市售产品。

食用级柠檬酸(成都市科龙化工试剂厂);魔芋胶(四川金阳金江白魔芋开发有限公司);黄原胶(陕西八骏生物科技有限公司);反式阿魏酸标准品(纯度>99%,德国 SIGMA-ALDRICH 公司);抗坏血酸标准品(纯度为 99.9%,美国 SUPELCO 公司);砷、铅、铜标准品(纯度为 99.9%,国家有色金属及电子材料分析测试中心);芦丁标准品(纯度为 99.9%,成都 MUST 公司);甲醇(色谱纯,美国 Sigma 公司);二苯基苦酰肼基自由基(diphenyl picryl hydrazyl radical, DPPH·)、无水乙醇、冰乙酸、硫酸、硫脲、亚铁氰化钾、氢氧化钠(分析纯,成都科龙化学试剂厂)。

XYF-2E 远红外线食品烤炉(广州红菱电热设备公司);FW-100 型高速万能粉碎机(上海隆拓仪器设备有限公司);SYQ-DSX-280B 型手提式不锈钢压力蒸气灭菌器(深圳市赛亚泰科仪器设备有限公司);Sartorius CP225D 型电子天平(德国 Sartorius 公司);DHG-9031 型电热恒温干燥箱(上海精宏实验设备有限公司);Thermo BR4i 型冷冻离心机(美国 Thermo 公司);Shimadzu 高效液相色谱仪(SPD-10A VP 紫外-可见检测器、LC-6A 高压泵、CTO-10AS VP 柱温箱〈含 7725i 型手动进样器〉)、浙大智达 N2000 工作站、UV-3100PC 紫外可见分光光度计(日本岛津公司);Millipore Milli-Q 型纯水仪(美国 Millipore 公司);Sartorius BP-20 型 pH 计(德国 Sartorius 公司);RE-2000 型旋转蒸发器(上海亚荣生化有限公司)。

2.2 方法

2.2.1 工艺流程

麦麸预处理→混合→装罐→杀菌→冷却→成品
↑
复合稳定剂配制
麦麸预处理^[15]:将麦麸粉碎至 40 目,每 1 g 麦麸加入 70 mL 水,加入柠檬酸调节 pH 至 4,120 °C 蒸煮 3 h,制成麦麸预处理液备用。
复合稳定剂配制:称量对应比例的黄原胶和魔芋胶粉末加入 30 mL 水中,磁力搅拌 30 min,制成复合稳定剂备用。

混合:将麦麸预处理液与复合稳定剂混合。
灌装:将混合后的产品装入玻璃罐中加盖密封。
杀菌:121 °C, 15 min。
冷却:将冷却至室温的产品摇匀即得成品。

2.2.2 配方优化试验

根据麦麸悬浮饮料生产工艺及口味特点,在配方试验中确定白砂糖添加量(X_1)、麦麸:水(X_2)、复合稳定剂添加量(X_3)、黄原胶与魔芋胶的质量比(X_4)4 个主要影响因素。采用 $U_9(9^6)$ 均匀试验设计进行均匀试验,以感官评价结果作为判断标准,采用模糊数学分析法对感官评价结果进行分析,从而确定出最佳配方^[20,21]。试验方案表如表 1 所示,感官评价表如表 2 所示。

表 1 均匀设计试验方案表($U_9(9^6)$)
Table 1 Table of uniform design test scheme($U_9(9^6)$)

试验号	1 (白砂糖 g/100 mL)	2 (麦麸:水, g:mL)	3 (复合胶, g/100 mL)	4 (黄:魔)
1	1(0.5)	2(1:60)	4(0.06)	7(3:1)
2	2(0.5)	4(1:80)	8(0.1)	5(3:1)
3	3(1.5)	6(1:100)	3(0.06)	3(7:3)
4	4(1.5)	8(1:120)	7(0.08)	1(7:3)
5	5(2.5)	1(1:60)	2(0.04)	8(3:1)
6	6(2.5)	3(1:80)	6(0.08)	6(3:1)
7	7(2.5)	5(1:100)	1(0.04)	4(7:3)
8	8(3.5)	7(1:100)	5(0.08)	2(7:3)
9	9(3.5)	9(1:120)	9(0.1)	9(3:1)

表 2 感官评价标准
Table 2 Criteria for sensory evaluation

指标	评价标准
滋味 (25%)	上(21~25) 具有麦香味,香味柔和自然,酸甜适口
	中(11~20) 具有一定的麦香味,甜味适中
	下(0~10) 麦香味很淡,有一定涩味,甜味过淡或过浓
色泽 (10%)	上(7~10) 接近麦麸颜色,呈现浅黄色
	中(4~6) 颜色较深,为棕黄色
	下(0~3) 颜色极深,为深棕色
口感 (35%)	上(26~35) 入口柔软细滑,无粗糙感,无胶质感
	中(11~25) 入口有轻微粗糙感,无胶质感
	下(0~10) 入口有明显粗糙感,有胶质感
香气 (10%)	上(7~10) 具有麦麸香气,香气协调柔和,有一定甜香味
	中(4~6) 具有一定麦麸香气,甜香味略浓
	下(0~3) 不具有麦麸香气,甜香味过浓

续表 2

指标		评价标准
异味(5%)	上(4~5)	无任何异味
	中(2~3)	有轻微的蒸煮味
	下(0~1)	具有明显异味
组织形态 (15%)	上(11~15)	呈均匀浑浊状态, 无分层现象, 允许有少量沉淀
	中(6~10)	呈均匀浑浊状态, 无分层现象, 沉淀较多
	下(0~5)	呈均匀浑浊状态, 出现分层现象, 并有大量沉淀

2.2.3 产品功能性成分含量测定

(1) 总膳食纤维、可溶性膳食纤维和不溶性膳食纤维的测定

根据 GB 22224-2008^[22]中第一法, 测定麦麸悬浮饮料中的总膳食纤维(total dietary fiber, TDF), 可溶性膳食纤维(soluble dietary fiber, SDF)和不溶性膳食纤维(Insoluble dietary fiber, IDF)含量。

(2) 总黄酮含量测定

采用碱式铝盐比色法^[23]测定麦麸悬浮饮料的总黄酮含量。

(3) 阿魏酸含量测定

参考张志清方法, 采用高效液相色谱法(high performance liquid chromatography, HPLC)测定麦麸悬浮饮料(包括饮料中固体麦麸和液体中阿魏酸含量)中阿魏酸的含量^[14]。

(4) 抗氧化能力分析

1) 总还原力的测定

采用 Fe³⁺还原法测定麦麸悬浮饮料的总还原能力^[24]。

2) 同市售相关产品比较分析

通过 DPPH·清除率的测定, 分析麦麸悬浮饮料在加工过程中 DPPH·清除率的变化, 并同市售 6 种饮料进行比

较。通过 DPPH·清除率大小的比较, 判定该产品抗氧化能力的强弱。

DPPH·清除率的测定参照文献^[24]的方法, 略作改动。配制浓度为 0.2 mmol/L 的 DPPH 溶液待用, 按表 3 所示量取相应液体于 15 mL 具塞玻璃管中, 在 28 ℃水浴条件下静置 30 min, 然后在 517 nm 条件下测定并记录分光光度值, 每组平行测定 3 次。然后按如下公式进行计算:

$$\text{清除率}(\%) = (1 - \frac{A_1 - A_2}{A_3}) \times 100$$

2.2.4 产品保质期试验

采用加速破坏试验方法确定麦麸悬浮饮料保质期^[25]。将制备的麦麸悬浮饮料, 分别存放于 5、25、35 ℃温度条件下, 每隔 15 d 测定一次菌落总数和大肠杆菌数, 并对饮料的感官品质进行判定。

表 3 DPPH·清除力测定试验方案表

Table 3 Experimental scheme of DPPH free radical scavenging capacities

吸光度	DPPH·/mL	待测液/mL	95 %乙醇/mL	超纯水/mL
A1(样品)	4.0	2.0	—	—
A2(对照)	—	2.0	4.0	—
A3(模型)	4.0	—	—	2.0

3 结果与分析

3.1 配方优化试验

通过对 9 组麦麸饮料进行感官评价, 然后对其相应得分做统计, 结果如表 4 所示。

由表 4 结果将每个数字除以 10, 可得各组样品得分比率, 例如对第 1 号麦麸饮料得到综合评价结果为:

表 4 感官评价结果

Table 4 Results of sensory evaluation

试验号	滋味 25%			色泽 10%			口感 35%			香气 10%			异味 5%			组织形态 15%		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
1	0	2	8	2	8	0	2	4	4	5	4	1	8	2	0	7	3	0
2	1	1	8	6	4	0	3	4	3	1	8	1	8	2	0	6	4	0
3	4	4	2	9	1	0	3	5	2	7	3	0	8	2	0	8	2	0
4	2	5	3	5	4	1	3	5	2	3	7	0	8	2	0	9	1	0
5	2	4	4	0	9	1	3	5	2	6	4	0	7	3	0	6	4	0
6	4	4	2	1	8	1	2	5	3	7	3	0	9	1	0	6	3	1
7	3	6	1	9	1	0	1	7	2	8	2	0	9	1	0	2	7	1
8	7	1	2	7	3	0	5	3	2	8	2	0	7	3	0	8	2	0
9	1	7	2	8	2	0	4	4	2	8	1	1	8	2	0	4	6	0

$$y=(0.25 \quad 0.1 \quad 0.35 \quad 0.1 \quad 0.05 \quad 0.15).$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0.2 & 0.8 \\ 0.2 & 0.8 & 0 \\ 0.2 & 0.4 & 0.4 \\ 0.5 & 0.4 & 0.1 \\ 0.8 & 0.2 & 0 \\ 0.7 & 0.3 & 0 \end{pmatrix}=(0.285 \quad 0.365 \quad 0.35)$$

计算出 9 组样品的综合评价结果后, 根据加权平均原则对结果进行赋值($V_1=3$; $V_2=2$; $V_3=1$)再求平均值, 最后对所有组的加权平均值进行排序, 具体排序结果见表 5。

由表 5 可知, 第 8 组样品为感官评价排名第 1, 因此确定第 8 组样品参数为最佳配方, 即白砂糖添加量为 3.5 g/100 mL、麦麸:水为 1:100(g:mL)、复合稳定剂添加量为 0.08 g/100 mL、黄原胶:魔芋胶为 7:3。

按照最佳配方比例所制作的悬浮性麦麸膳食纤维饮料口感顺滑, 具有浓郁的麦香味, 产品中的麦麸颗粒能够均匀稳定地悬浮。

3.2 产品功能性成分含量测定

3.2.1 TDF、SDF、IDF 的测定

根据 GB 22224-2008 第一法进行测定和计算, 麦麸悬浮饮料中膳食纤维含量情况如下: TDF 为 0.872 g/100 mL

(相对标准偏差 relative standard deviation, RSD=0.2%); IDF 为 0.671 g/100 mL(RSD=0.5%); SDF 为 0.186 g/100 mL(RSD=0.6%)。

3.2.2 总黄酮含量的测定

采用碱式铝盐比色法测得麦麸悬浮饮料中黄酮含量为 0.92 mg/100 mL(RSD=0.4%)。

3.2.3 阿魏酸含量的测定

经过计算, 麦麸悬浮饮料中阿魏酸含量情况如下: 麦麸悬浮饮料中阿魏酸为 2.81 mg/100 mL(RSD=0.1%); 麦麸悬浮饮料液体中阿魏酸为 0.1 mg/100 mL(RSD=0.8%); 麦麸悬浮饮料固体中阿魏酸为 3.25 mg/100 mL(RSD=0.1%)。

3.2.4 抗氧化能力分析

经测定得麦麸悬浮饮料对 Fe^{3+} 的还原力相当于 40.9 ug/mL (RSD=0.5%)VC 对 Fe^{3+} 的还原能力。

麦麸悬浮饮料在加工过程中 DPPH·清除率的变化, 以及同 6 种市售饮料 DPPH·清除率的比较结果如表 6 所示。

由表 6 可知, 麦麸原料经过预处理后 DPPH·清除率略有下降, 但麦麸悬浮饮料的 DPPH·清除率达到 63.9%(RSD=0.1%), 高于麦麸原料和预处理后的麦麸。麦麸饮料的制作过程使得麦麸的 DPPH·清除率得到明显提高, 这说明加工过程中麦麸的有效成分得到了释放。

相比于市售 6 种饮料, 除苹果醋以外, 其它饮料的

表 5 样品综合排序结果
Table 5 Nine samples from uniform design ranked by sensory score

排序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
试验号	8	3	9	4	7	6	5	2	1
加权平均值	2.535	2.405	2.295	2.255	2.245	2.205	2.160	2.015	1.935

表 6 DPPH·清除率比较试验结果
Table 6 Results of DPPH· free radical scavenging capacities

样品名称	麦麸饮料	未处理麦麸	预处理后麦麸	脉动	维他命饮料	苹果醋	东方树叶红茶	东方树叶绿茶	王老吉凉茶
DPPH·清除率/%	63.9	39.1	22.6	95.9	95.6	11.3	88.6	83.3	87.9

DPPH·清除率均大于 50%。虽然麦麸悬浮饮料的 DPPH·清除率不及其它 5 种饮料高, 但麦麸饮料未添加任何抗氧化剂, 而其它 5 种饮料均添加有 VC 等抗氧化剂。一定程度上说明麦麸悬浮饮料的抗氧化能力主要由产品本身产生。

3.3 保质期试验结果

在测定期间, 180 d 内, 5、25、35 °C 3 个条件下的麦麸悬浮饮料均未出现菌落总数和大肠杆菌超标现象, 且饮料的感官品质也未出现可察觉的变化, 本研究测定 12 个处理的上述指标均是合格的。由于实验样品在 180 d 实验结束后均未出现变质, 所以无法计算 Q10。故本研究引用张立永等^[26]在乳酸饮料测定的 Q10 值 2 作为计算标准。结合本研究确定的 180×2=360 d, 因此初步判定该饮料的保

质期可达 1 年。

4 结 论

本研究采用麦麸作为原料, 确定了全麦麸饮料的最佳配方比例, 所得产品具有麦香味、口感顺滑、能够均匀稳定的悬浮, 符合大众的消费习惯。产品利用了麦麸的全部营养成分, 为全麦麸产品研制的发展奠定了一定的基础。但研究在产品口味满意度、丰富性方面和产品功能性评价方面的研究尚有欠缺, 这将是产品后续研究的主要方向。

参考文献

[1] 包成龙, 许晓燕, 刘博文. 小麦麸皮营养成分和综合利用[J]. 粮食与油脂, 2014, 27(8): 58–60.

- Bao CL, Xu XY, Liu BW. The nutrition and comprehensive utilization of wheat bran [J]. *Cere Oils*, 2014, 27(8): 58–60.
- [2] 李应彪, 陆强. 麦麸膳食纤维的提取技术研究[J]. *粮油加工与食品机械*, 2005, (11): 77–79.
- Li YB, Lu Q. Study on extraction technology of dietary fiber from wheat bran [J]. *Mach Cere Oil Food Process*, 2005, (11): 77–79.
- [3] 姚慧慧, 王燕, 孙子钦, 等. 响应面法优化小麦麸皮可溶性膳食纤维的提取工艺[J]. *粮食与油脂*, 2018, 31(9): 29–33.
- Yao HH, Wang Y, Sun ZQ, *et al.* Optimization of extraction technology of soluble dietary fiber from wheat bran by response surface methodology [J]. *Cere Oils*, 2018, 31(9): 29–33.
- [4] 吴敏, 秦丹, 张齐, 等. 红麦麸皮中黄酮类物质不同提取工艺研究[J]. *食品科学*, 2019, (7): 208–212.
- Wu M, Qin D, Zhang Q, *et al.* Study on different extraction process of flavonoids from red wheat bran [J]. *Food Sci*, 2019, (7): 208–212.
- [5] 朱翠玲, 陈亮, 沈婷, 等. 小麦麸皮多糖的研究进展[J]. *保鲜与加工*, 2018, 18(6): 13–17.
- Zhu CL, Chen L, Shen T, *et al.* Progress in research on polysaccharides from wheat bran [J]. *Stor Process*, 2018, 18(6): 13–17.
- [6] 熊俐, 曹新志, 杨跃震, 等. 膳食纤维保健酸奶生产工艺的优化[J]. *四川理工学院学报*, 2010, 23(1): 78–80.
- Xiong L, Cao XZ, Yang YH, *et al.* Optimizing technology of a new yogurt with wheat bran dietary fiber [J]. *J Sichuan Univ Sci Eng*, 2010, 23(1): 78–80.
- [7] 韦玉芳, 王立升, 覃雯章. 灵芝型优良膳食纤维方便食品的研制[J]. *食品科学*, 2009, 30(2): 275–278.
- Wei YF, Wang LS, Qin WZ. Development of ganoderma lucidum-fermented instant food with high-quality dietary fiber [J]. *Food Sci*, 2009, 30(2): 275–278.
- [8] 向莉, 余术, 陈聪, 等. 麦麸膨化食品的研制[J]. *食品研究与开发*, 2019, 40(9): 123–128.
- Xiang L, Yu S, Chen C, *et al.* Production technology of puffed food with the wheat bran [J]. *Food Res Dev*, 2019, 40(9): 123–128.
- [9] 杨瑞金, 华霄, 赵伟, 等. 富含低聚木糖的小麦麸皮饮料的研制[J]. *食品与发酵工业*, 2011, 37(12): 70–75.
- Yang RJ, Hua X, Zhao W, *et al.* Study on preparation of xylooligosaccharides-enriched wheat bran beverage [J]. *Food Ferment Ind*, 2011, 37(12): 70–75.
- [10] 张从. 麦麸保健酒: 中国, 1415728 [P]. 2003-05-07
- Zhang C. Wheat bran health wine: CN, 1415728 [P]. 2003-05-07.
- [11] 济南倍力粉技术工程有限公司. 麦麸健康食品的制备方法及其麦麸健康粥粉: 中国, 1528177 [P]. 2004-09-15.
- Jinan Bally Powder Technology Engineering Co. Ltd. Preparation method of wheat bran healthy food and wheat bran healthy porridge powder: CN, 1528177 [P]. 2004-09-15.
- [12] 涂铭旌, 盛勇. 超微麦麸纤维片: 中国, 1535607 [P]. 2004-10-13.
- Tu MQ, Sheng Y. Ultra micro wheat bran fiber flake: CN, 1535607 [P]. 2004-10-13.
- [13] 张志清, 帅瑾, 周利茗, 等. 超声波辅助碱醇提取麦麸中阿魏酸工艺优化[J]. *食品科学*, 2010, 31(12): 83–88.
- Zhang ZQ, Shuai J, Zhou LM, *et al.* Extraction of ferulic acid from wheat bran by optimized ultrasonic-assisted alkaline-alcohol hydrolysis [J]. *Food Sci*, 2010, 31(12): 83–88.
- [14] 张志清, 王潇, 姚艳艳, 等. 超声波辅助碱醇提取 HPLC 法测定麦麸中阿魏酸含量[J]. *中国粮油学报*, 2010, 25(4): 89–92.
- Zhang ZQ, Wang X, Yao YY, *et al.* Determination of ferulic acid in wheat bran: Ultrasonic assisted alkaline-alcohol extraction and HPLC detection [J]. *J Chin Cere Oils Ass*, 2010, 25(4): 89–92.
- [15] 周利茗, 徐杰, 张志清. 酸水解-高温协同处理对麦麸膳食纤维的影响[J]. *食品研究与开发*, 2013, 34(11): 1–4.
- Zhou LM, Xu J, Zhang ZQ. Impact of dietary fiber from wheat bran by acid hydrolysis with higher temperature [J]. *Food Res Dev*, 2013, 34(11): 1–4.
- [16] 聂凌鸿, 周如金, 宁正祥. 黄原胶的特性、发展现状、生产及其应用[J]. *中国食品添加剂*, 2003, 3: 82–85.
- Nie LH, Zhou RJ, Ning ZX. Characteristics, development, production and application of xanthan gum [J]. *China Food Add*, 2003, 3: 82–85.
- [17] Kim C, Yoo B. Rheological properties of rice starch-xanthan gum mixtures [J]. *J Food Eng*, 2006, 75(1): 120–128.
- [18] 李坚斌, 陈小云, 梁慧洋, 等. 魔芋胶的性质研究[J]. *食品科学*, 2009, 30(19): 93–95.
- Li JB, Chen XY, Liang HY, *et al.* Properties of konjac gum [J]. *Food Sci*, 2009, 30(19): 93–95.
- [19] 王元兰, 李忠海, 魏玉. 黄原胶与魔芋胶复配体系的流变特性及影响研究[J]. *中南林业科技大学学报*, 2010, 30(11): 125–128.
- Wang YL, Li ZH, Wei Y. Study of rheological properties and influence factor of solution xanthan/konjac gum mixtures [J]. *J Central South Univ Foest Technol*, 2010, 30(11): 125–128.
- [20] 周利茗, 罗松明, 张志清. 模糊数学方法应用于麦麸香茶研制[J]. *食品科学*, 2013, 34(17): 61–64.
- Zhou LM, Luo SM, Zhang ZQ. Application of fuzzy comprehensive evaluation in development of wheat bran tea [J]. *Food Sci*, 2013, 34(17): 61–64.
- [21] Tudu B, Metla A, Das B, *et al.* Towards versatile electronic nose pattern classifier for black tea quality evaluation: An incremental fuzzy approach [J]. *Instrum Measure*, 2009, 58(9): 3069–3078.
- [22] GB/T 22224-2008 食品中膳食纤维的测定 酶重量法和酶重量法-液相色谱法[S].
- GB/T 22224-2008 Determination of dietary fiber in foods-Enzyme gravimetric method and enzyme gravimetric method-liquid chromatography [S].
- [23] 沈晨, 蒋立勤, 顾小燕, 等. 红景天复合饮料抗氧化成分及抗氧化活性研究[J]. *农产品加工*, 2010, 12: 32–34.
- Shen C, Jiang LQ, Gu XY, *et al.* Antioxidant compounds and antioxidant activity of rhodiola drink [J]. *Farm Prod Process*, 2010, 12: 32–34.
- [24] 罗磊, 郭晓园. 金银花提取液抗氧化活性研究[J]. *食品科学*, 2009, 30(21): 63–65.
- Luo L, Guo XY. Antioxidant activity of honeysuckle extract [J]. *Food Sci*, 2009, 30(21): 63–65.
- [25] 刘玲. 确定食品保质期的理论和技术[J]. *乳业科学与技术*, 2004, 109(4): 10–12.
- Liu L. Principles and technologies of shelf-life evaluation of foods [J]. *J Dairy Sci Technol*, 2004, 109(4): 10–12.
- [26] 张永立. 乳酸饮料贮藏期理化参数变化动力学及产品稳定性预测方法研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007.
- Zhang YL. Study on the kinetics of physicochemical parameters of acidified milk drinks during storage and method of stability prediction [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2007.

(责任编辑: 韩晓红)

作者简介



周利茗, 硕士, 工程师, 主要研究方向为食品安全。

E-mail: zhouliming_24@126.com