

基于 QFD 的苦荞麦芽茶饮料质量改进研究

郭元新, 张丙全, 叶 华, 沈德艳
(安徽科技学院食品药品学院, 安徽 凤阳 233100)

摘要: 应用质量功能展开(QFD)理论, 把消费者对茶饮料的需求转化为产品设计过程的技术要求, 进而将质量屋中的信息转化为生产工艺要求。通过对苦荞麦芽茶饮料进行质量改进, 为生产提供切实可行的工艺参数, 并为食品新产品的研发提供一条全新的思路。

关键词: 苦荞麦芽茶饮料; 质量功能展开; 工艺研究; 质量改进

Quality Improvement of Bitter Buckwheat Tea Based on QFD

GUO Yuan-xin, ZHANG Bing-quan, YE Hua, SHEN De-yan
(College of Food and Drug, Anhui Science and Technology University, Fengyang 233100, China)

Abstract: Based on the application of quality function deployment (QFD) theory, consumer needs for bitter buckwheat tea was converted into the technological parameters for the product design, thus improving the processing requirements during the preparation. Through quality improvement of bitter buckwheat tea, practical and feasible technological parameters were achieved and a novel thought for the development of other new products was proposed.

Key words: bitter buckwheat tea; quality function deployment (QFD); technological study; quality improvement
中图分类号: TS211.4.3 文献标识码: A 文章编号: 1002-6630(2012)12-0032-05

荞麦起源于中国, 是一种独特的食药两用经济作物, 其中苦荞以富含黄酮等功能成分被视为“益寿食物, 保健佳品”, 深受人们喜爱^[1]。苦荞发芽后, 氨基酸含量更为均衡, 胰蛋白酶抑制剂活性消失或仅存很少, 而功能性成分黄酮含量大幅增加, 较之粒籽中增加4~5倍^[2-3]。最近研究显示, 发芽还可富集 γ -氨基丁酸(γ -aminobutyric acid, GABA)等苦荞中原来含量低或不具有的功能性成分^[2,4]。黄酮类物质具有降低血压、抗心率失常、防治心脑血管疾病、抗癌等功能^[5]。而GABA具有降血压, 改善脑机能和缓解疼痛和焦虑等作用^[6], 因此富含黄酮和GABA的食品已引起广大学者的关注。

质量功能展开(quality function deployment, QFD)来源于6个日本汉字“品质技能展开”, 其在食品工业中的应用始于1987年^[7], 它是对顾客要求进行展开的规划方法, 可以系统地用户的需求转化为实现用户需求的种种设计质量, 研究者将其应用到番茄酱^[7]、苦荞麦片^[8]、焙烤面团^[9]等产品的研发, 取得了很好的效果。与传统产品研发过程的不同在于, 传统的研发首先根据试验条件设计出试验产品, 然后通过中试后进行投产。

在生产过程中可能发现产品的很多方面不能满足消费者需求, 则需作很大的修改, 浪费开发费用, 有时因设备定型及厂房布局问题, 使工艺的改进受到很大的约束; 而应用QFD方法从开始就把用户的需求放在第1位, 把用户的需求变换成产品特性和工艺特性, 使产品更好的满足消费市场的需求, 极大地减小了企业风险。根据传统的研发方法将富含黄酮和GABA的苦荞麦芽开发成茶饮料, 在市场开发中发现产品的很多方面并不能满足消费者需求。本实验通过QFD理论^[10-11]对其质量进行改进研究, 将消费者的需求转化为工艺要求, 利用比较清晰的图表法, 把用户需求这一复杂的关系系统地表达出来, 根据工艺要求, 对参数进行优化, 确定产品的工艺路线, 研制出具有一定市场开发前景的茶饮料产品, 同时为同类产品的研发和改进提供一种新的模式。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

苦荞种子, 产自江苏宿迁; 芦丁、GABA 美国Sigma公司; 乙睛为色谱纯; 其他化学试剂均为分析

收稿日期: 2011-07-15

基金项目: 安徽省教育厅自然科学基金(KJ2010B056)

作者简介: 郭元新(1970—), 男, 副教授, 博士, 研究方向为农产品加工与品质控制。E-mail: guoyuanxiner@163.com

纯；食品添加剂均为食用级。

1.2 仪器与设备

GYB30-60 高压均质机 上海华东高压均质机；SPX-250B-G 型微电脑光照培养箱 上海博迅实业有限公司医疗设备厂；0A86-153 远红外线烤箱 广州冶金机械厂；Agilent 1200 液相色谱仪 安捷伦公司；TDL-40B 离心机 上海安亭科学仪器厂。

1.3 苦荞麦芽茶饮料制作工艺

工艺流程：苦荞麦→淘洗→发芽→焙烤→温火煮制→过滤→离心→调配→均质→脱气→灌装→杀菌→成品。

具体工艺步骤：清洗后的原料浸泡 24h 后放入恒温培养箱中培养，温度设定为 28℃，发芽 3d 后于 40℃ 干燥 24h 取出。烘干后的籽粒在 140℃ 进行 40min 的焙烤提香。称取焙烤后的苦荞 200g 按质量比 1:9 比例加水，在微沸状态煮制 2.5h 后用 60 目纱布进行过滤。然后将滤液以 4800r/min 进行离心。苦荞浸提液浸提过程中水分损失较大，在后续过程中通过加水进行稀释，通过加水前后苦荞的用量不变进行换算计算加水量，调至理论上苦荞质量与水质量比为 3:97，分别称取 8% 蔗糖，0.03% 的抗坏血酸，0.1% 柠檬酸调成糖液进行调配。调配好的料液在 75~80℃、20MPa 压力下泵入均质机中均质。均质后的料液泵入真空泵中进行脱气后加热到 70~80℃，迅速灌装，在 100℃ 恒温水浴锅中杀菌 20min。

1.4 黄酮和 GABA 含量测定

黄酮含量：采用分光光度法^[12]测定；GABA 含量：使用液相色谱法^[13]测定。

2 结果与分析

2.1 苦荞麦芽茶饮料问卷调查结果

2.1.1 问卷调查基本情况

在安徽凤阳地区苏果、华运等大型超市食品区进行随机调查，共发出问卷 300 份，收回 219 份，其中男性消费者 87 人，女性消费者 132 人。问卷设 25 题，第 1~6 题是消费者个人信息。第 7~8 题是了解消费者对调查内容认识，作铺垫作用。9 题以后为调查核心部分，对其分析见表 1~5。

2.1.2 消费者对苦荞麦芽茶饮料的营养重视程度

分别是将苦荞麦芽开发成富含 GABA 和黄酮类物质的茶饮料，消费者对苦荞麦芽茶饮料营养的重视程度设置 9~12 共 4 个问题，具体为：(9)接受程度，(10)信任程度，(11)基本态度，(12)试用意愿。结果如表 1 可知，84.93% 的消费者能够接受富含功能物质的苦荞麦芽茶饮料，只有 1.36% 消费者选择了不信任，对苦荞麦芽茶饮料促进人体健康的态度调查中 86.3% 的消费者表示有好

处或很有好处，90.42% 的消费者愿意试用该营养饮料。分析表明，消费者对苦荞麦芽茶饮料的营养很关注，要求产品营养丰富，对功能性成分的认可度高。

表 1 消费者对苦荞麦芽茶饮料的营养重视程度

Table 1 Consumer recognition degree for the nutrition of bitter buckwheat tea

	问题 9			问题 10			
	A 能	B 不能	C 不清楚	A 很信任	B 信任	C 一般	D 不信任
选票人数	186	15	18	39	78	99	3
比例/%	84.93	6.85	8.22	17.81	35.62	45.21	1.36
得票排名	1	3	2	3	2	1	4

	问题 11			问题 12			
	A 很有好处	B 有好处	C 无所谓	A 非常愿意	B 愿意	C 可以试试	D 不愿意
选票人数	72	117	30	54	60	84	21
比例/%	32.88	53.42	13.70	24.66	27.40	38.36	9.58
得票排名	2	1	3	3	2	1	4

2.1.3 消费者对苦荞麦芽茶饮料的价格重视程度

消费者对苦荞麦芽茶饮料价格的重视程度设置 2 个问题，分别是：(13)消费者通常对茶饮料的价位选择；(14)消费者对特价苦荞麦芽茶饮料的购买意愿。调查结果见表 2，53.42% 的消费者喜爱 2~3 元的茶饮料，42.47% 的消费者则喜爱 3~5 元的茶饮料，低于 2 元和高于 5 元的产品则不受消费者欢迎。对于特价的苦荞麦芽茶饮料，只有 8.21% 的消费者不愿意购买。由此可见，消费者对苦荞麦芽茶饮料的价格很关注，要求产品价格便宜，但太便宜的产品并不被消费者接受。

表 2 消费者对苦荞麦芽茶饮料的价格重视程度

Table 2 Consumer recognition degree for the price of bitter buckwheat tea

	问题 13				问题 14			
	A 2 元以下	B 2~3 元	C 3~5 元	D 5 元以上	A 非常愿意	B 愿意	C 可以试试	D 不愿意
选票人数	6	117	93	3	42	63	96	18
比例/%	2.74	53.42	42.47	1.37	19.18	28.77	43.84	8.21
得票排名	3	1	2	4	3	2	1	4

2.1.4 消费者对苦荞麦芽茶饮料的口感重视程度

消费者对苦荞麦芽茶饮料口感的重视程度设置 2 个问题，分别是：(15)消费者对以大麦香茶、油切麦茶为代表的茶饮料的口感评价；(16)消费者对苦荞麦芽茶饮料口感的需求。由表 3 可见，只有 8.21% 的消费者认为目前市售的麦茶饮料口感不好，消费者对苦荞麦芽茶饮料的口感很关注，63% 的消费者要求产品爽口，其他的需求依次是滑润、浓稠和其他。

表3 消费者对苦荞麦芽茶饮料的口感重视程度
Table 3 Consumer recognition degree for the taste of bitter buckwheat tea

	问题 15				问题 16			
	A 很好	B 好	C 一般	D 不好	A 爽口	B 浓稠	C 滑润	D 其他
选票人数	36	87	78	18	138	21	48	12
比例/%	16.44	39.73	35.62	8.21	63.01	9.59	21.92	5.48
得票排名	3	1	2	4	1	3	2	4

2.1.5 消费者对苦荞麦芽茶饮料的稳定性重视程度

苦荞麦芽茶饮料中的谷物淀粉、蛋白质等成分会造成产品的少许沉淀,但不影响饮用。设置问题(17)调查消费者的态度,结果见表4。69.86% 消费者对此现象表示在意或很在意,因此消费者对苦荞麦芽茶饮料的稳定性很关注,即使货真价实,也要求产品无沉淀。

表4 消费者对苦荞麦芽茶饮料稳定性的看法

Table 4 Consumer opinions on the stability of bitter buckwheat tea

问题 17	A 很在意	B 在意	C 不在意	D 不知道
选票人数	30	123	57	9
比例/%	13.70	56.16	26.03	4.11
得票排名	3	1	2	4

2.1.6 消费者对苦荞麦芽茶饮料质量特性的重视情况

表5 消费者对苦荞麦芽茶饮料质量特性的重视程度

Table 5 Consumer recognition degree for the quality characteristics of bitter buckwheat tea

消费者关注的因素	口感	稳定性	营养	价格	包装	解渴	其他因素
18 消费者关注的特性	0	0	75	33	0	57	54
19 新产品饮料最能引起关注因素	74	28	72	24	19	0	2
20 选择新产品时, 消费者主要考虑因素	71	73	23	21	28	0	3
21 消费者购买苦荞麦芽茶饮料时最重视的方面	95	12	61	28	20	0	3
22 影响消费者购买饮料最重要的因素	112	18	68	16	0	0	5
23 促使消费者购买饮料的因素	119	12	49	2	1	30	6
合计得票	471	143	348	124	68	87	73
比例/%	35.84	10.88	26.48	9.44	5.18	6.62	5.56
得票排名	1	3	2	4	7	5	6
评价平均值	4.75	4.33	4.87	4.07	2.61	3.28	3.17
重要性名次	2	3	1	4	7	5	6

注: 其他因素, 不包括在以上6种因素之内的, 故列入其他因素。

问题18~23从不同的视角考察消费者对苦荞麦芽茶饮料不同质量特性的重视程度, 结果见表5, 消费者对产品的口感和营养的重视度最高, 分别占投票比例的35.84%和26.48%, 然后依次为稳定性和价格, 分别为10.88%和9.44%。表5中评价平均值是指每位消费者对关注因素的重要性进行打分后得到的平均值, 满分为5分。消费者对营养重视度最高, 口感跟营养的总评价相差不大, 可以把口感与营养列为同一等级, 赋予重要度为0.15, 稳定性重要度次之为0.12, 价格重要度定为0.10。经细分得消费者对饮料的具体要求为饮料无沉淀、爽口、价格便宜、营养丰富。

2.2 苦荞麦芽茶饮料质量屋的建立及工艺改进分析

2.2.1 识别顾客需求(what 项)

根据调查结果, 消费者对苦荞麦芽茶饮料的4点具体要求, 放在质量屋的最左列。

2.2.2 为顾客要求赋重要度

该步骤有2种方法, 分别是专家评分法和层次分析法^[14], 本试验采用专家评分法进行打分, 其结果填在重要度一列。

2.2.3 确定相关的工程技术特性(how 项)

在寻求工程技术特性时, 采用因果图法, 即已知顾客对苦荞麦芽茶饮料的质量要求, 进行逆向思维找出能达到或满足这些要求的工程技术特性^[10]。经分析, 在苦荞麦芽茶饮料生产中与顾客要求有相关性的工程技术特性有发芽、焙烤、温水煮制等8个工序(表6), 填写在质量屋的最顶层。

2.2.4 给出 what 项与 how 项的关系矩阵

此部分是质量屋中的房间部分, 表明了工程技术特性满足消费者要求的情况。屋中“⊙”代表强相关, 即该工程技术特性与顾客要求有很大关系, 是改进的重点。“○”代表正相关, 表明该工程技术特性与消费者对苦荞麦芽茶饮料的要求有相关性^[11]。分析时应将调查结果和生产现场相结合, 根据实际情况得出切合企业实际的结论。以无沉淀要求为例, 有5个工序和其有相关性, 理论上离心和均质工序均和该要求有强相关性, 但现场分析认为, 生产中对这两个工序控制的很好, 均已达到最佳状态, 若对其进行改进, 需购买更先进设备, 使生产成本提高, 故认为在本系统中仅具有一般的正相关性; 而调配工序不稳定, 在本工艺中和无沉淀

表6 苦荞麦芽茶饮料质量屋

Table 6 Quality house of bitter buckwheat tea

顾客要求	重要度	发芽工序	焙烤工序	温水煮制工序	离心工序	调配工序	均质工序	脱气工序	杀菌工序
无沉淀	0.12				○	⊙	○	○	○
爽口	0.15		○			⊙			
营养丰富	0.15	⊙	○			⊙			
价格便宜	0.10	○	○			⊙			

要求具有强相关性。最后构建质量屋见表6。

2.2.5 改进重点分析

质量屋是通过消费者需求和现场专家的专业分析,应用“脑力激荡”等科学的方法建立的,可以很好的避免应用中研究者的主观行为。由质量屋可见,温水煮制、离心、均质、脱气、杀菌与消费者需求的相关程度都不大,且易于控制,能够达到要求,可不作为重点改进工序。而发芽、焙烤工序则对消费者要求影响较大,在试验中不易控制,应进行改进分析。调配工序对满足消费者需求有很大关系,应作为重点优化改进对象。

2.3 发芽和焙烤工序的工艺质量改进

2.3.1 发芽工序的质量改进

苦荞发芽过程中黄酮和GABA类物质的含量直接影响产品的保健功能。针对该工序的质量要求,寻找质量改进的必要措施,建立发芽工序简易质量屋见表7。苦荞的浸泡时间影响与苦荞粒的硬度和吸水膨胀强相关,通过单因素试验确定其最佳浸泡时间为24h。发芽时间与发芽后苦荞黄酮和GABA的富集呈强相关,是苦荞麦芽饮料开发的关键因素,设计单因素试验确定其最佳的设计质量,其含量变化趋势见图1。苦荞发芽过程中,GABA和黄酮含量随发芽天数呈先上升后缓慢下降趋势,在第5天黄酮含量达最大值3.07%,第4天GABA含量达到最大值0.74mg/g。随着时间的延长,种子中干物质消耗增大,影响麦芽的产量,不利于苦荞麦芽品质的提高。综合各种考虑,在28℃温度下,发芽时间4d为适宜的参数。有研究报道,优化发芽条件,添加合适的添加物,可提高谷氨酸脱羧酶(GAD)和苯丙氨酸解氨酶(PAL)^[2,15]的活性,进而提高种子GABA和黄酮的含量^[16-18],可进一步改进。

表7 发芽工序简易质量屋

Table 7 Quality house of sprout process

目标	浸泡时间/h	培养温度/℃	发芽时间/d
苦荞粒硬度适中	⊙	○	○
苦荞麦粒吸水膨胀	⊙		
发芽后黄酮、GABA含量高		○	⊙
质量设计	24	28	4

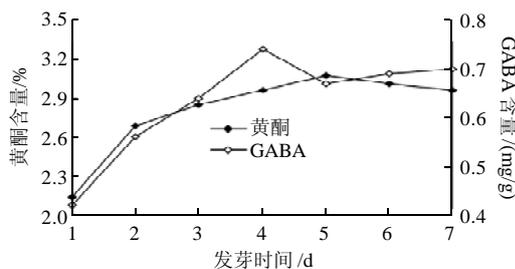


图1 发芽时间对苦荞中黄酮和GABA含量的影响

Fig.1 Effect of cultivation time on the contents of flavonoids and GABA in germinated bitter buckwheat

2.3.2 焙烤工序的质量改进

焙烤可提高产品香气,赋予产品更好的风味。据此工序的质量要求,建立工序的质量屋见表8,通过测定在不同焙烤条件下苦荞中黄酮和GABA的含量,并结合其感官特性来确定其最佳设计质量标准,见表9。低温短时的烘烤可很好的保持功能性成分的稳定,但是苦荞的色泽、香味没有大的变化。随着焙烤温度和时间的延长,苦荞的黄酮和GABA含量降低。当焙烤温度升至180℃、时间40min时,苦荞的焦褐色很浓,同时有深焦味,此时功能性成分急剧下降。在尽可能保持苦荞黄酮和GABA含量高的情况下,从产品的色泽、香味以及生产的稳定性进行综合考虑,5号试验为最佳焙烤条件。即焙烤工序最佳工艺参数为焙烤提香温度160℃、时间20min。

表8 焙烤工序简易质量屋

Table 8 Quality house of baking process

要求	温度/℃	时间/min
黄酮含量高	○	○
有苦荞麦特有的焦香味	⊙	⊙
颜色成均匀一致的焦黄色	⊙	⊙
质量设计	160	20

表9 不同焙烤温度和时间评定结果

Table 9 Evaluation results at various levels of baking temperature and time

编号	温度/℃	时间/min	色泽	香味	GABA/(mg/g)	黄酮含量/%
1	120	20	无明显变化	稍稍有一点香味	0.71	2.89
2	120	40	无明显变化	稍有香味	0.70	2.72
3	140	20	稍有些焦黄色	稍有香味	0.63	2.69
4	140	40	稍有些焦黄色	焦香味	0.56	2.41
5	160	20	焦黄色	焦香味	0.59	2.58
6	160	40	稍有些焦褐色	浓郁的焦香味	0.42	2.17
7	180	20	焦褐色	焦味	0.40	1.26
8	180	40	焦褐色很浓	深焦味	0.29	0.85

2.4 调配工序的质量改进

表10 苦荞麦芽茶饮料配制工艺优化L₉(3⁴)正交试验设计及结果

Table 10 Orthogonal array design arrangement and results

试验号	A 原料用量/%	B 蔗糖/%	C 抗坏血酸/%	D 柠檬酸/%	感官评分
1	1(3)	1(2)	1(0.01)	1(0.10)	87.9
2	1	2(4)	2(0.02)	2(0.15)	92.5
3	1	3(6)	3(0.03)	3(0.20)	90.7
4	2(5)	1	2	3	84.6
5	2	2	3	1	91.8
6	2	3	1	2	78.2
7	3(7)	1	3	2	81.9
8	3	2	1	3	83
9	3	3	2	1	82.5
k ₁	90.4	84.8	83.0	87.4	
k ₂	84.9	89.1	86.5	84.2	
k ₃	82.5	83.8	88.1	86.1	
极差 R	7.9	5.3	5.1	3.2	

表 11 调配条件评分标准
Table 11 Sensory evaluation criteria

项目	感官评定(分)			
色泽(20)	均匀, 焦黄色(18~20)	黄色, 色暗(16~18)	褐色, 有较浓茶色(14~16)	颜色不均匀, 有黑点(14分以下)
香味(30)	焦香味(27~30)	焦香味淡(24~27)	苦荞焦味(21~24)	苦荞焦味淡(21分以下)
口感(20)	清凉, 滋味宜人适口(18~20)	滋味适口(16~18)	无异昧(14~16)	不适口(14分以下)
体态(30)	清亮透明, 无沉淀(27~30)	清亮透明, 久置有微量沉淀(20~27)	色泽较混浊, 久置沉淀(14~20)	混浊, 有大量沉淀(14分以下)

苦荞麦芽茶饮料配比与多项质量要求有强相关性, 它是影响产品质量的重要因素之一。为此设计正交试验(表 10), 并根据质量屋中的顾客需求建立评分标准(表 11), 由 9 名食品加工专业人员按标准对 9 组产品评分求平均值。分析表明, 正交试验理论较优水平组合为 $A_1B_2C_3D_1$ 。试验最佳配方为 2 号试验, 其水平组合为 $A_1B_2C_2D_2$, 经对比验证实验, $A_1B_2C_3D_1$ 为最佳配方, 即以苦荞浸提液质量为准, 苦荞麦芽用量 3%、蔗糖添加量 4%、抗坏血酸的添加量为 0.03%, 柠檬酸添加量为 0.1% 是最佳工艺组成。

3 结 论

在苦荞麦芽茶饮料的研究中应用 QFD 法可使研究方向更有针对性, 可更好的满足消费者需求, 使研究与市场紧密衔接, 提高产品的研发质量, 是一种值得在食品开发过程中普遍推广的有效工具。优化的苦荞麦芽茶饮料生产参数为在 28℃ 条件下发芽 4d, 最佳的焙烤工艺条件为 160℃、20min; 调配的最适工艺参数为以苦荞浸提液质量为准, 苦荞麦芽用量 3%、蔗糖添加量 4%、柠檬酸添加量 0.1%、抗坏血酸添加量 0.03%。

参考文献:

- [1] 宋毓雪, 黄凯丰. Research on nourishing compositions of fagopyrum tataricum[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(1): 100-102.
- [2] KIM S L, KIM S K, PARK C H. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable[J]. Food Res Int, 2004, 37(4): 319-327.
- [3] 陈鹏, 侯智法. 苦荞种子萌发过程芦丁降解酶的代谢规律[J]. 西北农业学报, 2010, 19(7): 48-52.
- [4] LIN L Y, PENG C C, YANG Y L, et al. Optimization of bioactive compounds in buckwheat sprouts and their effect on blood cholesterol in hamsters[J]. J Agric Food Chem, 2008, 56(4): 1216-1223.
- [5] 周小理, 王青, 杨延利, 等. Inhibitory effect of flavonoids from tartary buckwheat sprouts on proliferation of human breast cancer cells[J]. 食品科学, 2011, 32(1): 225-228.
- [6] 顾振新, 蒋振晖. 食品原料中 γ -氨基丁酸形成机理及富集技术[J]. 食品与发酵工业, 2002, 34(10): 65-69.
- [7] COSTA A I A, DEKKER M, JONGEN W M F. Quality function deployment in the food industry: a review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2000, 11(9/10): 306-314.
- [8] 郭元新, 戴绪洋. 基于 QFD 的苦荞麦片质量改进研究[J]. 粮食与饲料工业, 2006(6): 23-24; 28.
- [9] PINTO A L D, PAIVA C L. Developing a functional ready to bake dough for pies using the quality function deployment (qfd) method[J]. Ciencia E Tecnologia De Alimentos, 2010, 30(Suppl1): 36-43.
- [10] CHEN L H, KO W C. Fuzzy approaches to quality function deployment for new product design[J]. Fuzzy Sets Syst, 2009, 160(18): 2620-2639.
- [11] SWEET T, BALAKRISHNAN J, ROBERTSON B, et al. Applying quality function deployment in food safety management[J]. British Food Journal, 2010, 112(6/7): 624-639.
- [12] 彭镰心, 赵钢, 王姝, 等. 不同品种苦荞中黄酮含量的测定[J]. 成都大学学报: 自然科学版, 2010, 29(1): 20-21.
- [13] GUO Y, CHEN H, SONG Y, et al. Effects of soaking and aeration treatment on γ -aminobutyric acid accumulation in germinated soybean (*Glycine max* L.) [J]. Eur Food Res Technol, 2011, 232(5): 787-795.
- [14] SENER Z, KARSAK E E. A combined fuzzy linear regression and fuzzy multiple objective programming approach for setting target levels in quality function deployment[J]. Expert Syst Appl, 2011, 38(4): 3015-3022.
- [15] BOUCHE N, FROMM H. GABA in plants: just a metabolite[J]. Trends in Plant Science, 2004, 9(3): 110-115.
- [16] 刘金福, 李晓雁, 孟蕊. 苦荞发芽过程中促进黄酮合成的因素初探[J]. 食品工业科技, 2006, 27(10): 106-108.
- [17] BAI Qingyun, CHAI Meiqing, GU Zhenxin, et al. Effects of components in culture medium on glutamate decarboxylase activity and γ -aminobutyric acid accumulation in foxtail millet (*Setaria italica* L.) during germination[J]. Food Chem, 2009, 116(1): 152-157.
- [18] 王军, 王敏, 于智峰, 等. 基于响应曲面法的苦荞麸皮总黄酮提取工艺优化[J]. 农业机械学报, 2007, 38(7): 205-208.