

## 响应面法优化绿茶荞麦酥配方

杨丽红, 刘政权\*

(安徽农业大学茶树生物学与资源利用国家重点实验室, 合肥 230036)

**摘要:** 以苦荞麦为原料, 超微绿茶粉为辅料, 混匀后与熬制好的糖浆搅拌均匀, 经压制、切割、成形等工艺制成绿茶荞麦酥。在单因素试验的基础上, 以感官指标为评定指标, 采用中心组合试验优化绿茶荞麦酥的配方。结果表明, 绿茶荞麦酥的最佳配方是: 苦荞麦 100%, 超微绿茶粉 3.3%, 麦芽糖浆 20%, 果葡糖浆 29%, 小苏打 0.6%, 食盐 0.8%, 奶油 4.0%, 此时的绿茶荞麦酥口感酥脆, 而且具有茶香和苦荞麦清香。

**关键词:** 绿茶荞麦酥; 感官评定; 响应面; 最佳配方

中图分类号: TS213.2

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2015)04-0555-06

## Optimization of the buckwheat tea crisp formula with response surface methodology

YANG Lihong, LIU Zhengquan

(State Key Laboratory of Tea Plant Biology and Utilization, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

**Abstract:** Using buckwheat as the main raw material and green tea powder as the auxiliary materials, buckwheat tea crisps were developed through the process of mixing (with syrup), pressing, molding, and cutting. On the basis of single-factor test, using sensory indicators as the assessment index, a central composite experiment was conducted to optimize the buckwheat tea crisp formula. The best formula of buckwheat cakes was: buckwheat 100%, green tea powder 3.3%, maltose syrup 20%, fructose syrup 29%, baking soda 0.6%, salt 0.8%, and cream 4.0%. Under such conditions, the product had the best sensory quality such as crisp taste with the fragrances of tea and buckwheat.

**Key words:** buckwheat tea crisps; sensory evaluation; response surface; best formula

茶叶是我国传统健康饮品, 绿茶中含有茶多酚、茶氨酸、茶多糖等多种营养及功能性成分, 具有抗氧化、防癌、抗病毒、降血脂及降血压等功效<sup>[1]</sup>。超微绿茶粉是近几年在超微粉碎技术基础上发展起来的一种新型茶制品, 可以有效利用茶叶的营养与保健功能, 提高茶叶功能成分的生物学活性, 增进机体吸收率, 还能改善茶叶的食用品质<sup>[2]</sup>。超微绿茶粉因具有色泽翠绿, 香气清高, 滋味鲜醇等优势被广泛应用于食品之中。

苦荞麦又名乌麦、花麦、三角麦, 蓼科(Polygymiceae)荞麦属 CFagopynm Mill)一年生草本植物<sup>[3]</sup>。苦荞麦含有丰富的不饱和脂肪酸、B 族维生素和多种矿物元素, 同时荞麦作为公认的药食同源的食材, 还含有多种生物活性物质<sup>[4]</sup>。其所富含的黄酮类物质是重要的膳食抗氧化物质, 对由于氧化应激引起

的慢性疾病, 如癌症、高血压及高血脂等都有显著的抑制作用<sup>[5]</sup>。近年来苦荞麦被加工成各种保健食品, 如荞麦挂面<sup>[6]</sup>、荞麦饼干<sup>[7]</sup>、荞麦酥<sup>[8]</sup>、荞麦雪花片<sup>[9]</sup>等。将超微绿茶粉和苦荞麦相结合制成的茶食品不仅酥脆可口, 兼有茶的清香和苦荞麦香, 还可以满足人们对食品低热量、高营养、保健化、便捷化和多元化的饮食要求, 尤其赢得女孩子的喜爱<sup>[10]</sup>。本研究以超微绿茶粉和苦荞麦为原料, 在单因素试验基础上, 应用响应面法优化绿茶荞麦酥的最佳配方, 为绿茶荞麦食品的开发提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

超微绿茶粉(江苏鑫品茶业有限公司提供); 苦荞麦(将去壳的荞麦经炒制成熟呈金黄色麦粒, 过

收稿日期: 2015-03-13

作者简介: 杨丽红, 硕士研究生。E-mail: 1146740706@qq.com

\* 通信作者: 刘政权, 副教授。E-mail: liuzq0312@163.com

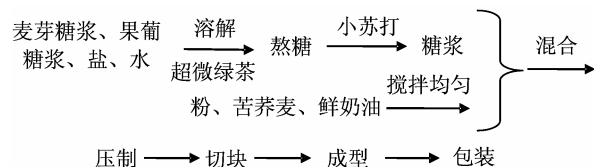
60目筛,杭州清心茶业有新公司提供);麦芽糖浆(湖北德安府糖业有限责任公司提供);果葡糖浆(湖北德安府糖业有限责任公司提供);食盐、植物鲜奶油、小苏打:市售。

电磁灶(九阳股份有限公司);CC305F1五层复合钢无油烟炒锅(苏泊尔股份有限公司);塑料薄膜封口机(温州市兴业机械设备有限公司);砧板、菜刀、铲勺。

## 1.2 方法

**1.2.1 抹茶荞麦酥基本配方** 荞麦酥的基本配方为:苦荞麦 100 g,食盐 0.8 g,奶油 4.0 g。

### 1.2.2 工艺流程



**1.2.3 操作要点** (1)熬糖。先将纯净水倒入不粘锅中,加入麦芽糖浆、果葡糖浆和食盐,大火熬制,用手勺轻轻地搅炒至起白色泡沫时;继续小火熬化,

不断搅拌至出现拔丝现象;迅速加入小苏打,快速搅拌糖浆至体积膨大 2 倍以上,将锅挪移电炉。熬糖温度控制在 90~120℃。

(2)制酥。将超微绿茶粉、熟苦荞麦和奶油混合后迅速倒入锅内进行搅拌,待搅拌均匀后将其转移至涂有薄薄一层植物油的砧板上,用铲勺抹平压紧。

(3)成型。待砧板上的苦荞麦稍加凝固后,快速用刀均匀分块,压片成型。经切割成型的荞麦酥表面温度必须降到 50~60℃,否则容易出现缺角破碎、粘连<sup>[1]</sup>。

(4)冷却与包装。成型的绿茶荞麦酥经室温下自然冷却,按每分 5 块的标准放入 PE 透明包装袋中,用封口机封口并放在常温下保存即可。

**1.2.4 工艺优化** 在单因素试验时,按照基本配方,依次改变超微绿茶粉、麦芽糖浆、果葡糖浆、小苏打添加量,以感官审评的综合评分作为评价指标,采用响应面 Box-Behnken 试验表安排试验,并确定因素水平。试验因素水平表,见表 1。

表 1 Box-Behnken 试验因素水平

Table 1 Levels of experimental factors of Box-Behnken test

水平 Level	因素 Factor			
	A 超微茶粉/% Green tea powder	B 麦芽糖浆/% Maltose syrup	C 果葡糖浆/% Fructose syrup	D 小苏打/% Baking soda
-1	3.0	15	25	0.3
0	3.25	20	30	0.5
1	3.5	25	35	0.7

表 2 绿茶荞麦酥感官审评

Table 2 Sensory evaluation criteria buckwheat tea crisps

项目 Item	评分系数/% Grading coefficient	评语 Remark	评分 Grade
色泽 Color	25 分	表面黄绿色,较明亮翠绿,色泽均匀	90~99
		色泽轻度变化	80~89
		色泽暗绿,不均匀变化	70~79
形态 Form	15 分	外形完整,表面均匀	90~99
		外形略不完整,表面略不均匀	80~89
		有破损,表面不均匀	70~79
滋味口感 Taste	30 分	甜度适中,口感纯正,有浓郁的茶香,有荞麦的清香,无异味	90~99
		甜度稍淡或稍腻,口感一般,茶味不明显,略有异味	80~89
		甜度过淡或过腻,口感较差,茶味较浓有苦涩味或尝不出茶味,异味严重	70~79
组织 Texture	20 分	质地酥脆可口,紧密不松散	90~99
		质地稍软或稍硬,不够紧密略显松散	80~89
		质地软化或硬度过大,松散严重	70~79
杂质 Impurity	10 分	外表或内部均无可见杂质	90~99
		外表或内部有少量可见杂质	80~89
		外表或内部有较多可见杂质	70~79

**1.2.5 绿茶荞麦酥感官评定方法** 由固定的 10 位食品专业研究生(男女比例 1:1,年龄均在 23~25

岁之间)进行评定,采用百分制计分方法,分别对其色泽(25分)、形态(15分)、滋味口感(30分)、

组织(20分)、杂质(10分),按表2内容进行打分。每个感官指标的得分均取10人评判分数的平均值。标准<sup>[12]</sup>参见表2。

## 2 结果与分析

### 2.1 绿茶荞麦酥单因素优化

**2.1.1 超微绿茶粉添加量对绿茶荞麦酥品质的影响**  
按照基本配方,麦芽糖浆添加量30%,果葡糖浆添加量30%,小苏打添加量为0.5%,设计超微绿茶粉的用量分别为1.75%、2.25%、2.75%、3.25%、3.75%和4.25%,6个水平预选出在生产中适用的超微绿茶粉添加量。结果见图1。

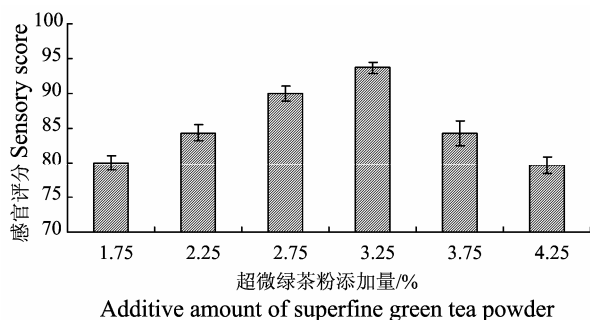


图1 超微绿茶粉添加量对绿茶荞麦酥的影响

Figure 1 Effect of superfine green tea powder content on the quality of buckwheat tea crisps

由图1可知,当超微绿茶粉添加量<3.25%时,随着超微绿茶粉添加量的增加,感官评分呈上升趋势;添加量为3.25%时,感官评分最高;当超微绿茶粉添加量>3.25%时,随茶粉添加量的增加,感官评分呈下降趋势。当超微绿茶粉添加量过低时,绿茶荞麦酥色泽偏淡,茶味不明显,茶粉添加量过高时,绿茶荞麦酥苦味明显。超微绿茶粉添加量为3.25%时最适宜。

**2.1.2 麦芽糖浆添加量对绿茶荞麦酥品质的影响**  
按照基本配方,超微绿茶粉添加量为3.25%,果葡糖浆添加量为30%,小苏打添加量为0.5%,设计麦芽糖浆的添加量分别为10%、15%、20%、25%、30%和35%,6个水平预选出在生产中适用的麦芽糖浆添加量。结果见图2。

由图2可知当麦芽糖浆添加量<20%时,随着麦芽糖浆添加量的增加,感官评分呈上升趋势;添加量为20%时,感官评分最高;当麦芽糖浆添加量>20%时,随着麦芽糖浆添加量的增加,感官评分呈下降趋势。故麦芽糖浆添加量为20%适宜。麦芽糖浆主要是对绿茶荞麦酥的硬度、酥脆性和甜度产生不同的影响,当麦芽糖浆含量过低时,绿茶荞麦酥

成型慢且口感较硬,麦芽糖浆含量过高时,产品黏牙。

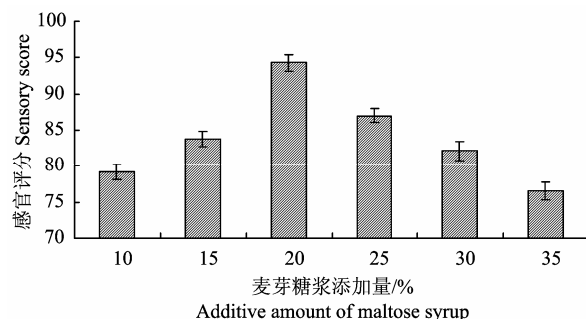


图2 麦芽糖浆添加量对绿茶荞麦酥品质的影响

Figure 2 Effect of maltose syrup content on the quality of buckwheat tea crisps

### 2.1.3 果葡糖浆添加量对绿茶荞麦酥品质的影响

按照基本配方,超微绿茶粉添加量为3.25%,麦芽糖浆添加量为20%,小苏打添加量为0.5%,设计果葡糖浆的用量分别为15%、20%、25%、30%、35%和40%,6个水平预选出在生产中适用的果葡糖浆添加量。结果见图3。

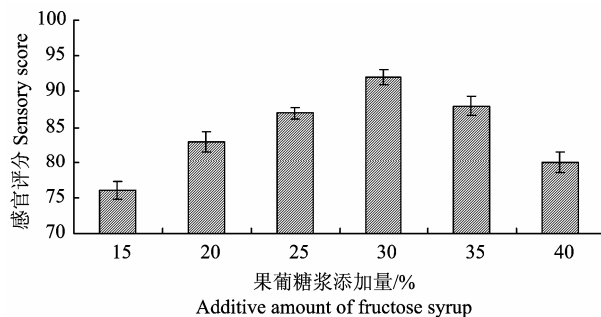


图3 果葡糖浆添加量对绿茶荞麦酥品质的影响

Figure 3 Effect of fructose syrup content on the quality of buckwheat tea crisps

其他条件相同时果葡糖浆添加量会对绿茶荞麦酥品质产生不同影响,主要体现在甜度和硬度上。如图可知果葡糖浆添加量<30%时,随着果葡糖浆添加量的增加,感官评分呈上升趋势;添加量为30%时,感官评分呈现最高值;当果葡糖浆添加量>30%时,随着果葡糖浆添加量的增加,感官评分呈下降趋势。故果葡糖浆添加量为30%时适宜。

**2.1.4 小苏打添加量对绿茶荞麦酥品质影响**  
按照基本配方,超微绿茶粉添加量为3.25%,麦芽糖浆添加量为20%,果葡糖浆添加量为30%,设计小苏打用量分别为0.3%、0.4%、0.5%、0.6%、0.7%和0.8%,6个水平预选出在生产中适用的小苏打添加量。结果见图4。

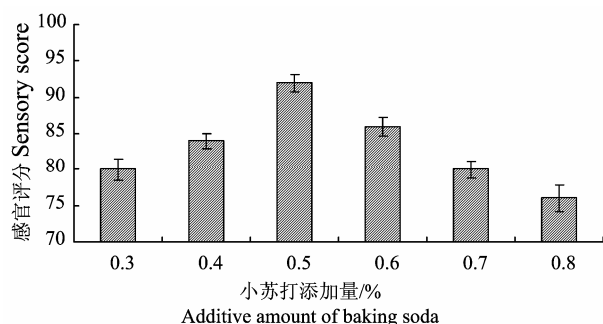


图 4 小苏打添加量对绿茶荞麦酥品质的影响

Figure 4 Effect of baking soda content on the quality of buckwheat tea crisps

酥脆性是酥制品重要指标,小苏打受热分解产生气体,使绿茶荞麦酥酥松,口感较脆。如图4可

知,当小苏打添加量<0.5%时,随着小苏打添加量的增加,感官评分呈上升趋势;添加量为0.5%时,感官评分呈现最高值;当小苏的添加量>0.5%时,随着小苏打添加量增加,感官评分呈下降趋势。故小苏打添加量为0.5%适宜。当小苏打添加量过低时,绿茶荞麦酥酥脆性不佳,添加量过高时,产品酥脆但表面不均匀。

2.2 响应面优化试验结果

2.2.1 响应面优化试验结果 表3是29个试验点给出的试验结果,29个试验点分为2类:其一是析因点,自变量取值在A、B、C、D所构成的三维顶点,共有24个析因点;其二是零点,为区域中心点,零点试验重复5次,用来估计试验误差<sup>[13]</sup>。

表 3 Box-Behnken 试验设计及结果  
Table 3 Box-Behnken experimental design and the results

Std	Run	A	B	C	D	感官评分 Sensory score	
						试验值 Experiment value	预测值 Predicted value
6	1	0	0	1	-1	75.38	78.22
26	2	0	0	0	0	88.96	90.53
24	3	0	1	0	1	83.81	84.78
7	4	0	0	-1	1	87.52	84.31
10	5	1	0	0	-1	80.67	81.61
14	6	0	1	-1	0	76.84	79.18
22	7	0	1	0	-1	84.45	82.61
21	8	0	-1	0	-1	80.49	78.60
18	9	1	0	-1	0	84.74	81.92
1	10	-1	-1	0	0	71.85	71.94
17	11	-1	0	-1	0	70.86	68.97
5	12	0	0	-1	-1	80.25	82.10
3	13	-1	1	0	0	69.72	71.16
8	14	0	0	1	1	83.95	81.72
27	15	0	0	0	0	90.12	90.53
25	16	0	0	0	0	91.05	90.53
19	17	-1	0	1	0	71.35	73.24
13	18	0	-1	-1	0	72.06	75.79
15	19	0	-1	1	0	73.65	72.62
12	20	1	0	0	1	80.62	83.81
20	21	1	0	1	0	70.21	71.17
2	22	1	-1	0	0	75.08	73.27
9	23	-1	0	0	-1	77.41	75.52
23	24	0	-1	0	1	81.22	82.14
29	25	0	0	0	0	90.03	90.53
28	26	0	0	0	0	92.47	90.53
4	27	1	1	0	0	81.16	80.70
16	28	0	1	1	0	78.31	75.88
11	29	-1	0	0	1	78.66	79.02

2.2.2 模型方差分析 利用 Design Expert 8.0 软件,对表4进行二次多项式回归拟合,得到二元多次回归方程:  $Y = 90.53 + 2.72 \times A + 1.66 \times B - 1.62 \times$

$$C + 1.43 \times D + 2.05 \times A \times B - 3.75 \times A \times C - 0.32 \times A \times D - 0.030 \times B \times C - 0.34 \times B \times D + 0.33 \times C \times D - 9.15 \times A^2 - 7.11 \times B^2 - 7.55 \times C^2 - 1.39 \times D^2$$

式中:  $Y$  为感官评分值; A、B、C、D 分别为抹茶粉、麦芽糖浆、果葡糖浆、小苏打 4 个变量的编码值。

由表 4 方差分析结果可知, 模型  $P < 0.0001$ , 模型达到极显著; 失拟  $P = 0.0543 > 0.05$ , 不显著; 并且该模型  $R^2 = 0.9185$ ,  $R^2_{Adj} = 0.8370$ , 即该模型能解释 83.7% 响应值的变化, 因而拟合度良好, 则可以用该模型预测绿茶荞麦酥的感官评分值及确定其最佳配方。

方差分析结果还表明, 超微绿茶粉添加量 A 及

其二次项  $A^2$ 、麦芽糖浆二次项  $B^2$ 、果葡糖浆二次项  $C^2$  对响应值的影响极显著, 超微绿茶粉及果葡糖浆的交互项 AC 具有显著影响。其他变量的影响均不显著 ( $P > 0.05$ )。

各因素的影响程度分析, 各因素的 F 值可以反映出各因素对试验指标的重要性, F 值越大, 表明对实验的重要性越大<sup>[14]</sup>。从方差分析表可知,  $F_A = 11.81$ ,  $F_B = 4.41$ ,  $F_C = 4.18$ ,  $F_D = 3.26$ , 即各因素对感官评分值的影响程度大小顺序为: 超微绿茶粉 > 麦芽糖浆 > 果葡糖浆 > 小苏打。

表 4 回归模型方差分析

Table 4 Variance analysis of regression model

方差来源 Source of variation	平方和 SS	自由度 DF	均方和 MS	F 值 F value	P 值 P value	显著性 Significance
模型 Model	1184.92	14	84.64	11.27	<0.0001	**
A	88.73	1	88.73	11.81	0.0040	**
B	33.13	1	33.13	4.41	0.0543	
C	31.43	1	31.43	4.18	0.0601	
D	24.45	1	24.45	3.26	0.0927	
AB	16.85	1	16.85	2.24	0.1564	
AC	56.40	1	56.40	7.51	0.0160	*
AD	0.42	1	0.42	0.056	0.8160	
BC	3.600E-0.03	1	3.600E-0.03	4.792E-0.04	0.9828	
BD	0.47	1	0.47	0.062	0.8063	
CD	0.42	1	0.42	0.056	0.8160	
A2	542.98	1	542.98	72.28	<0.0001	**
B2	327.95	1	327.95	43.66	<0.0001	**
C2	369.79	1	369.79	49.23	<0.0001	**
D2	12.47	1	12.47	1.66	0.2184	
残差 Residual	105.17	14	7.51			
失拟 Lack of fit	98.25	10	9.83	5.68	0.0543	
纯误差 Pure error	6.92	4	1.73			
总和 Total	1290.09	28				

$R^2 = 0.9185$   $R^2_{Adj} = 0.8370$

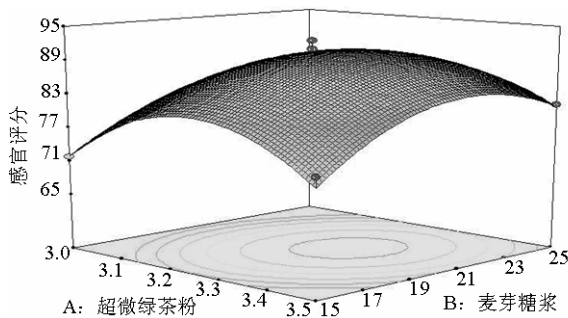


图 5 超微绿茶粉和麦芽糖浆交互作用影响感官评分的响应面图

Figure 5 Response surface for interaction effects of superfine green tea powder and maltose syrup on sensory evaluation

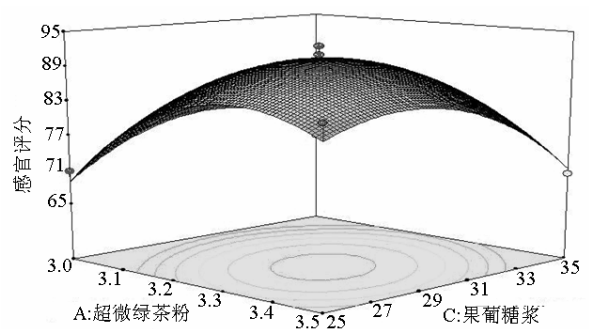


图 6 超微绿茶粉和果葡糖浆交互作用影响感官评分的响应面图

Figure 6 Response surface for interaction effects of superfine green tea powder and fructose syrup on sensory evaluation

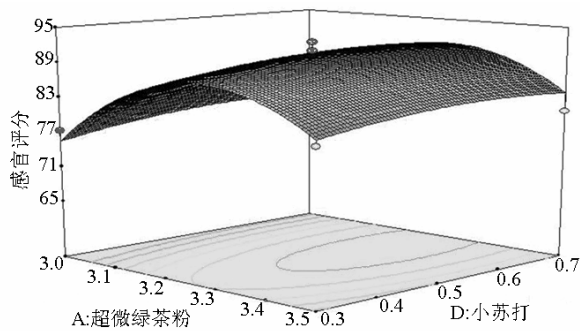


图7 超微绿茶粉和小苏打交互作用影响感官评分响应面图  
Figure 7 Response surface for interaction effects of superfine green tea powder and baking soda on sensory evaluation

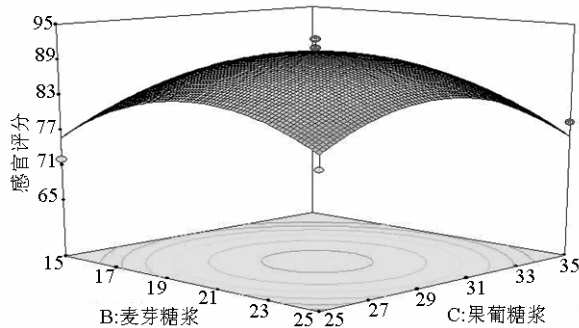


图8 麦芽糖浆和果葡糖浆交互作用影响感官评分响应面图  
Figure 8 Response surface for interaction effects of maltose syrup and fructose syrup on sensory evaluation

表5 最优配方验证结果

Table 5 Validation results of optimal formula				
试验号 Test No.	1	2	3	平均值 Average
感官评分 Sensory evaluation	92.30	89.65	89.61	90.52

**2.2.3 感官评分响应面分析及最优配方的确定** 图5~图8表示以感官评分为响应值的各试验因子超微绿茶粉、麦芽糖浆、果葡糖浆、小苏打交互作用的响应面。从图中可以看出，感官评分的响应面趋势呈抛物线，即存在最高点，则回归方程有极大值，经软件分析知，绿茶荞麦酥的最优配方是在基本配方的基础上，超微绿茶粉3.3%，麦芽糖浆20%，果葡糖浆29%，小苏打0.6%，感官评分91.33。

根据最优配方，做3组验证性试验，结果如表5所示。

图5~图8表示以感官评分为响应值的各试验因子超微绿茶粉、麦芽糖浆、果葡糖浆、小苏打交互作用的响应面。从图中可以看出，感官评分的响应面趋势呈抛物线，即存在最高点，则回归方程有极大值，经软件分析知，绿茶荞麦酥的最优配方是

在基本配方的基础上，超微绿茶粉3.3%，麦芽糖浆20%，果葡糖浆29%，小苏打0.6%，感官评分91.33。

根据最优配方，做3组验证性试验，结果如表5所示。

由表5可知，在最优配方条件下，感官评分的真实值为90.52，与预测值91.33接近，因此进一步验证了试验结果。

### 3 结论

将超微绿茶粉和苦荞麦相结合，制成绿茶荞麦酥。通过单因素和Box-Behnken中心组合设计原理以及响应面分析法对绿茶荞麦酥配方进行优化，拟合了超微绿茶粉、麦芽糖浆、果葡糖浆、小苏打这4个因素对感官评分的回归模型，经验证该模型合理可靠。能较好地预测绿茶荞麦酥的最优配方。由该模型确定的最优配方为：苦荞麦100%，超微绿茶粉3.3%，麦芽糖浆20%，果葡糖浆29%，小苏打0.6%，食盐0.8%，奶油4.0%，在此配方下生产的绿茶荞麦酥口感酥脆，茶味浓厚，还具有独特的荞麦清香。

### 参考文献:

- [1] 宛晓春. 茶叶生物化学[M]. 3版. 北京: 中国农业出版社, 2003: 9-5.
- [2] 梁进, 陆宁. 茶叶的超微加工及其在食品工业的应用[J]. 中国食品添加剂, 2013(4): 152-157.
- [3] 陈庆富. 五个中国荞麦(*Fagopyrum*)种的核型分析[J]. 广西植物, 2001, 21(2): 107-110.
- [4] Bonafaccia G, Marocchini M, Kreft I. Composition and technological properties of the flour and bran from common and tartary buckwheat[J]. Food Chemistry, 2003, 80(1): 9-15.
- [5] Li S Q, Zhang Q H. Advances in the development of functional foods from buckwheat[J]. Critical Review in Food Science and Nutrition, 2001, 41(6): 451-464.
- [6] 张健. 荞麦挂面的制作及其品质的研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2012.
- [7] 陶汝秀. 荞麦饼干的研制[J]. 食品工业科技, 2003(2): 63-64.
- [8] 张忠. 苦荞麦酥配方的优化[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(13): 47-49.
- [9] 彭荟芳. 响应面分析法优化荞麦雪花片制备工艺[J]. 食品与发酵科技, 2014, 50(1): 103-106.
- [10] 吴燕利, 魏美妮, 章传政. 茶食品的发展现状与趋势[J]. 现代农业科技, 2010(3): 365-366.
- [11] 翟玮玮. 花生糖的生产工艺[J]. 农产品加工, 2007(12): 47-48.
- [12] GB/T 20980-2007, 饼干[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.
- [13] Thompson D. Response surface experimentation[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 1982(6): 155-168.
- [14] 张维, 李雪雁, 张秀兰, 等. 响应面分析法优化菊芋渣中蛋白的提取工艺[J]. 食品工业科技, 2012(1): 305-307; 328.