

基于单纯形的豆渣酱配方优化研究

薛伟¹, 曹仲文^{2*}, 袁洁茹²

(1. 江苏旅游职业学院 烹饪科技学院, 江苏 扬州 225127; 2. 扬州大学 旅游烹饪学院, 江苏 扬州 225127)

摘要: 将新鲜熟豆渣应用于豆渣酱的制作,在单因素试验的基础上,利用单纯形格子点试验,选定以熟黄豆渣、白砂糖、白酒、生抽和老抽为影响因素,建立豆渣酱的感官评分方程。结果显示:最佳配方为大豆油 17.00 g、辣椒油 3.00 g、熟黄豆渣 21.95 g、白砂糖 5.07 g、生抽 17.16 g、白酒 3.08 g、老抽 2.73 g。经简单定量描述分析法和偏好型检验法检验,表明该法制成的豆渣酱性能优良,市场接受度好。

关键词: 豆渣酱;单纯形格子点;食品感官

中图分类号: TS 972.121

文献标志码: A

文章编号: 2095-8730(2020)03-0064-05

豆渣是加工豆腐、豆乳等豆制品的副产品。豆渣中各种营养成分非常丰富,是典型的高蛋白、高膳食纤维和低脂肪食品,^[1]为此,如何充分合理利用该产品,越来越引起相关科技工作者的兴趣。目前豆渣主要被应用于饲料行业及豆渣食品的制作和豆渣中有益成分的提取等方面,^[2]何欢等^[3]研究了豆渣调味酱的配制,通过正交试验确定了豆渣调味酱的最佳配方,但配方复杂,添加剂较多,制作工艺过程繁杂。

本研究采用配方试验设计方法中的单纯形优化设计中的格子点方法生产豆渣酱,^[4]其制作工艺简单、原料配方易得,且更符合现代人食品感官需求。

1 材料及方法

1.1 原料

熟豆渣:扬州大学扬子津食堂津园(由豆浆机磨制豆浆后所得)。农夫山泉矿泉水、海天草菇老抽酱油、海天金标生抽、太古白砂糖、红星二锅头、金龙鱼大豆油、李锦记辣椒油等:扬州麦德龙超市。

1.2 主要设备

C21-RH2162 美的电磁炉;美的小家电集团;SF-400A 晶群电子厨房秤;晶群电子有限公司;

司;PB10Easy20 K8133 飞利浦破壁机:飞利浦小家电集团。

1.3 试验方法

1.3.1 工艺流程

选料→细磨→与油融合→炒拌入味。

选料:选用来源于实验前榨取豆浆所剩的新鲜的无异味的黄豆渣,并立即进行保鲜措施。

细磨:以质量比为5:1的新鲜豆渣和农夫山泉水混合后倒入破壁机,细磨均匀成细泥状即可倒出(22 000 r/min、6 min)。必须不断间歇性地将机器底部的豆渣翻上来进行重复多次研磨,直至豆渣与水充分混合均匀,并且质地细腻即可。

与油融合:将电磁炉调至 800 W,在平底锅中放入大豆油和辣椒油,置于电磁炉上,将熟黄豆渣炒至有香味(30 s),并与大豆油相融合。

炒拌入味:依次加入生抽、老抽和白砂糖,不断炒拌,防止糊锅。2 min 后,加入白酒,再稍加翻拌,使白酒香气充分挥发,凑近可以闻到浓郁的香味即可出锅。

1.3.2 单因素试验

在预试验的基础上,通过单因素优选法,^[4]分别以熟黄豆渣、白砂糖、白酒、生抽和老抽的不同含量水平进行单因素试验,根据豆渣酱的感官评价结果,选取各因素较优水平。

收稿日期:2020-01-06 *通信作者

基金项目:教育部人文社会科学研究一般项目(17YJAZH006);四川省高等学校重点实验室开放基金项目(PRKX201911)

作者简介:薛伟,男,江苏旅游职业学院烹饪科技学院副教授,从事烹饪工艺研究;

曹仲文,男,扬州大学旅游烹饪学院副教授,博士,从事轻工技术与工程及传统烹饪产业化研究。

1.3.2.1 熟黄豆渣含量对豆渣酱感官质量的影响

取含量分别为 10、15、20、25、30 g 的熟黄豆渣,在大豆油 17 g、辣椒油 3 g、加热功率为 800 W、生抽为 10 g、白砂糖为 5 g、白酒为 3 g、老抽 3 g 的条件下制作豆渣酱。

1.3.2.2 白砂糖含量对豆渣酱感官质量的影响

取含量分别为 2、3、4、5、6 g 的白砂糖,在大豆油 17 g、辣椒油 3 g、加热功率为 800 W、生抽为 10 g、熟黄豆渣为 25 g、白酒为 3 g、老抽 3 g 的条件下制作豆渣酱。

1.3.2.3 生抽含量对豆渣酱感官质量的影响

取含量分别为 10、12、14、16、18 g 的生抽,在大豆油为 17 g、加热功率为 800 W、熟黄豆渣含量为 25 g、白砂糖为 5 g、白酒为 3 g、老抽为 3 g 的情况下制作豆渣酱。

1.3.2.4 白酒含量对豆渣酱感官质量的影响

取含量分别为 0、1、2、3、4 g 的白酒,在大豆油为 17 g、加热功率为 800 W、熟黄豆渣含量为 25 g、白砂糖为 5 g、生抽为 14 g、老抽为 3 g 的情况下制作豆渣酱。

1.3.2.5 老抽含量对豆渣酱感官质量的影响

取含量分别为 0、1、2、3、4 g 的老抽,在大豆油为 17 g、加热功率为 800 W、熟黄豆渣含量为 25 g、白砂糖为 5 g、生抽为 14 g、白酒为 3 g 的情况下制作豆渣酱。

1.4 单纯形格子点试验

在单因素试验的基础上,选择有约束的 {5, 2} 单纯形格子点设计,^[5]对配方进行优化。

1.5 豆渣酱的感官评价

1.5.1 豆渣酱的感官评价标准

选 10 人(经训练,对食品感官评价有一定经验)为评价员,对成品的色泽、气味、滋味、表面质构、质地进行感官评定,豆渣酱感官质量评分标准见表 1。^[6]

1.5.2 描述分析法

利用简单定量描述性分析方法,^[7]对本研究制作的豆渣酱与按文献[3]所作的豆渣酱设置对照,绘制蜘蛛网状图,从而对两种豆渣酱的色泽、气味、滋味、表面质构、质地进行比较。

1.5.3 偏好型检验法

利用偏爱排序检验,^[7]对豆渣酱的喜好程度设定 8 级,1 代表很不喜欢,8 代表极喜欢。利用 t

分布,判断两种豆渣酱的消费者的偏爱排序。

表 1 感官评价标准

评定指标	评分标准/分			
	很好 (16~20)	好 (11~15)	一般 (6~10)	差 (0~5)
色泽	酱黄色	酱褐色	深褐色	黑色
气味	浓郁酱香	较淡豆酱香气	无豆酱香气	焦糊
滋味	酱香,鲜香咸辣	较淡鲜味	焦糊	发苦
表面质构	均匀糊状	糊状,少量颗粒	少量结块	结块多
质地	均匀细腻,顺滑	稍有阻滞	不细腻,不顺滑	有杂质感

1.6 数据处理方法

本试验的全部数据处理,采用 Excel 2010 软件中的相关功能。

2 结果与分析

2.1 单因素试验结果与分析

2.1.1 混料中熟黄豆渣的含量对豆渣酱感官品质的影响

如图 1 所示,随着豆渣质量的增加,豆渣酱逐渐由稀烂变浓稠,所以感官评分逐渐升高。当豆渣含量升至 25 g 时,豆渣酱饱满细腻,呈糊状,所以此时豆渣酱品质最好且评分最高。随着豆渣的继续增加,豆渣酱逐渐变干,且开始出现颗粒,不再细腻,因此评分降低。

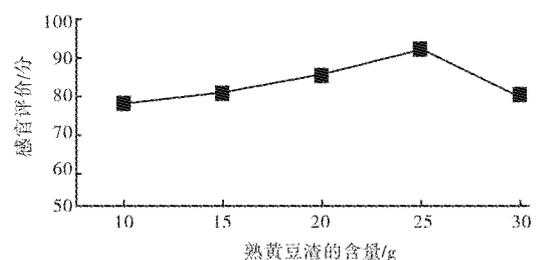


图 1 熟黄豆渣的含量对豆渣酱的感官品质的影响

2.1.2 混料中白砂糖的含量对豆渣酱感官品质的影响

如图 2 所示,白砂糖在豆渣酱的主体口味上起一个辅助作用,既可以使豆渣酱增甜提鲜,又可以使更加味厚醇香,因此随着白砂糖含量的增加,豆渣酱口味越来越鲜美纯正,所以评分逐升高,当白砂糖加至 5 g 时,豆渣酱的口味最为鲜

美,咸辣适宜,因此评分最高。但白砂糖的具体用量不宜过大,稍有回甘为佳。所以随着白砂糖的继续增加,豆渣酱的口味逐渐变甜,不够咸鲜,因此评分逐渐降低。

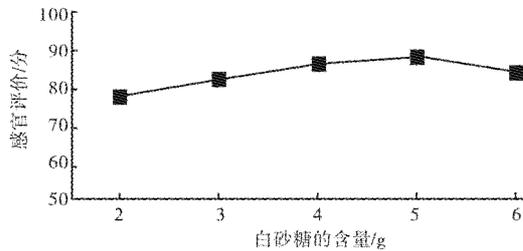


图2 白砂糖的含量对豆渣酱的感官品质的影响

2.1.3 混料中生抽的含量对豆渣酱感官品质的影响

如图3所示,由于生抽是用优质黄豆为主要原料经发酵成熟后提取而成,所以可以使与其主料相同的豆渣酱酱香更加浓郁。随着生抽质量的增加,豆酱香味逐渐变得浓郁,所以豆渣酱的评分逐渐升高,当生抽加至14g时,豆渣酱的豆酱香味十分充足且咸味适中,所以评分最高。因为生抽味道较咸,所以继续增加生抽会使豆渣酱过咸且酱油味明显,因此评分降低。

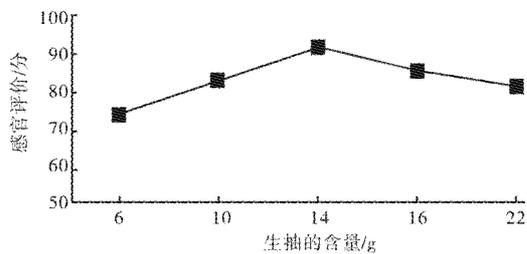


图3 生抽的含量对豆渣酱感官品质的影响

2.1.4 混料中白酒的含量对豆渣酱感官品质的影响

如图4所示,白酒对豆渣酱有去腥增香的作用,既可以除去豆腥味还能突出其整体香味,因此随着白酒质量的增加,豆渣酱增香效果越来越明显,所以评分逐渐升高。当白酒加至3g时,豆渣酱无豆腥味,且酱香味丰富所以评分最高,但是加入过多的白酒会使豆渣酱中挥发的酒味突出且入口微苦,所以继续增加白酒时,感官评分就会降低。

2.1.5 混料中老抽的含量对豆渣酱感官品质的影响

如图5所示,老抽主要起到调色作用,过少颜

色就过浅,过多颜色就过深。随着老抽的增加,豆渣酱的颜色逐渐变深,所以评分逐渐升高。当老抽加至3g时,豆渣酱呈正宗的酱黄色,且色泽明亮,所以评分最高。继续增加则会使豆渣酱颜色过深,因此评分降低。

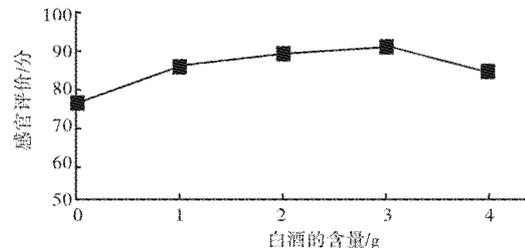


图4 白酒的含量对豆渣酱感官品质的影响

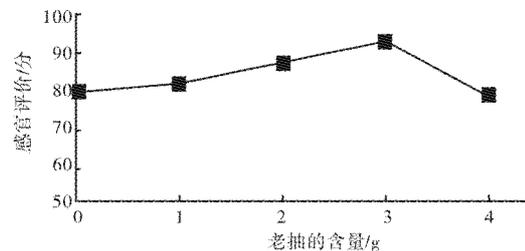


图5 老抽的含量对豆渣酱感官品质的影响

2.2 影响豆渣酱感官品质因素的单纯形格子点设计试验

在单因素试验的基础上,确定了熟黄豆渣、白砂糖、生抽、白酒和老抽的较优含量依次分别为25、5、14、3和3g,则此时豆渣酱的总量为50g。因为大豆油17g,辣椒油3g为每次试验的固定值,因此只需考虑剩余4种混料的配方比例,令熟黄豆渣含量的百分比为 x_1 、白砂糖含量的百分比为 x_2 、生抽含量的百分比为 x_3 、白酒含量的百分比为 x_4 、老抽含量的百分比为 x_5 。

根据图1~图5折线的趋势,可明确熟黄豆渣含量的最优值 ≥ 20 g,白砂糖含量的最优值 ≥ 4 g,生抽含量的最优值 ≥ 10 g,白酒含量的最优值 ≥ 2 g,老抽含量的最优值 ≥ 2 g。

因此约束条件为:

$$x_1 \geq 40\%、x_2 \geq 8\%、x_3 \geq 20\%、x_4 \geq 4\%、x_5 \geq 4\% ;$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 = 1。$$

选择{5,2}单纯形格子点设计,试验方案和试验结果见表2。

$$\text{回归方程为: } \hat{y} = \sum_{j=1}^m b_j z_j + \sum_{k < j} b_{kj} x_k z_j。$$

其中回归系数的计算公式如下:

$$\begin{cases} b_j = y_j \\ b_{kj} = 4y_{kj} - 2(y_k + y_j) \end{cases}, k < j, k = 1, 2, \dots, m - 1$$

将表 2 中的数据代入上述公式得到： $b_1 = 64$ 、 $b_2 = 63$ 、 $b_3 = 57$ 、 $b_4 = 58$ 、 $b_5 = 61$ 、 $b_{12} = 104$ 、 $b_{13} = 144$ 、 $b_{14} = 90$ 、 $b_{15} = 84$ 、 $b_{23} = 48$ 、 $b_{24} = 58$ 、 $b_{25} = 92$ 、 $b_{34} = 82$ 、 $b_{35} = 72$ 、 $b_{45} = 46$ 。

所以方程为：

$$y = 64x_1 + 63x_2 + 57x_3 + 58x_4 + 61x_5 + 104x_1x_2 +$$

$$144x_1x_3 + 90x_1x_4 + 84x_1x_5 + 48x_2x_3 + 58x_2x_4 + 92x_2x_5 + 82x_3x_4 + 72x_3x_5 + 46x_4x_5。$$

利用 Excel 的规划求解功能，结果为 $x_1 = 0.439$ 、 $x_2 = 0.101$ 、 $x_3 = 0.343$ 、 $x_4 = 0.061$ 、 $x_5 = 0.054$ 。可以看出，其中豆渣的比例最大，而白酒的比例最小，说明白酒对于感官的影响最小（与图 4 平缓的曲线相一致）。

表 2 单纯形格子点设计试验方案及结果

实验号	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5	$x_1/\%$	$x_2/\%$	$x_3/\%$	$x_4/\%$	$x_5/\%$	$y/\text{分}$
1	1	0	0	0	0	0.64	0.08	0.20	0.04	0.04	64.0(y_1)
2	0	1	0	0	0	0.40	0.32	0.20	0.04	0.04	63.0(y_2)
3	0	0	1	0	0	0.40	0.08	0.44	0.04	0.04	57.0(y_3)
4	0	0	0	1	0	0.40	0.08	0.20	0.28	0.04	58.0(y_4)
5	0	0	0	0	1	0.40	0.08	0.20	0.04	0.28	61.0(y_5)
6	1/2	1/2	0	0	0	0.52	0.20	0.20	0.04	0.04	89.5(y_{12})
7	1/2	0	1/2	0	0	0.52	0.08	0.32	0.04	0.04	96.5(y_{13})
8	1/2	0	0	1/2	0	0.52	0.08	0.20	0.16	0.04	83.5(y_{14})
9	1/2	0	0	0	1/2	0.52	0.08	0.20	0.04	0.16	83.5(y_{15})
10	0	1/2	1/2	0	0	0.40	0.20	0.32	0.04	0.04	72.0(y_{23})
11	0	1/2	0	1/2	0	0.40	0.20	0.20	0.16	0.04	75.0(y_{24})
12	0	1/2	0	0	1/2	0.40	0.20	0.20	0.04	0.16	85.0(y_{25})
13	0	0	1/2	1/2	0	0.40	0.08	0.32	0.16	0.04	78.0(y_{34})
14	0	0	1/2	0	1/2	0.40	0.08	0.32	0.04	0.16	77.0(y_{35})
15	0	0	0	1/2	1/2	0.40	0.08	0.20	0.16	0.16	71.0(y_{45})

2.3 验证试验

为了验证单纯形格子点设计试验规划求解的可行性，采用得到的最优配方进行豆渣酱的验证试验，同时设置随机对照组：大豆油 17g、辣椒油 3 g、熟黄豆渣 20 g、白砂糖 4 g、生抽 12 g、白酒 2 g、老抽 2 g，结果是感官评分为 97，大于随机对照组的感官评分 91，证明理论分析结果有效。

2.4 两种豆渣酱的感官对比分析

2.4.1 简单定量描述分析

由图 6 可知，本试验研究的豆渣酱在色泽、质地和表面质构方面优于文献[3]所研究的豆渣酱，在气味方面与文献[3]所研究的豆渣酱一致，但因为添加剂种类较少，所以在滋味的酱香浓郁方面略逊于文献所研究的豆渣酱。

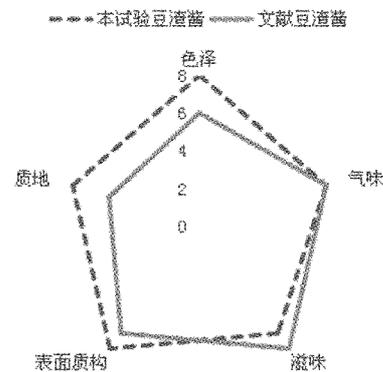


图 6 两种豆渣酱的定量描述分析的对比

2.4.2 偏爱排序性检验

食品喜爱程度调查分析结果见表 3，根据计算得出 $t = 2.866 > 2.262 = t_{(9,0.05)}$ ，所以本研究的

豆渣酱表现出比文献所述的豆渣酱更好的在市场方面的接受度。^[7]

表3 食品喜爱程度调查分析

鉴定者	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
食品 A	6	7	6	6	7	7	8	8	7	8
食品 B	5	6	7	6	7	6	6	7	5	6
A-B(d)	1	1	-1	0	0	1	2	1	2	2

注:食品 A 为本试验产品豆渣酱;食品 B 为文献[3]所述豆渣酱。

3 结论

通过单因素和单纯形格子点试验,得到了本工艺过程条件下的豆渣酱的最佳配方为:大豆油 17.00 g、辣椒油 3.00 g、熟黄豆渣 21.95 g、白砂糖 5.07 g、生抽 17.16 g、白酒 3.08 g、老抽 2.73 g,且得到该配方的回归方程。另外由简单定量描述性检验和偏爱排序检验,证明该产品与文献所述的豆渣酱在色泽、质地、表面质构及消费者偏爱程度方面具有一定的优势。本配方的食品加工方法简单,利用破壁机使得豆渣的口感细腻;^[8]且原料种类简单,没有复合型添加剂,工艺过程简化,在成本上具有一定的优势。

本研究所研制的豆渣酱口味还略显单调,有必要针对不同人群、酸甜等口味进一步拓宽研究,以适应不同的细分市场。同时还可以配比其他营养物质,利用相关工艺技术提升豆渣酱制品的食用价值。

参考文献:

- [1] 王秋玉,姚远,陈航,等. 烘烤豆渣制作可可脂巧克力工艺研究[J]. 美食研究,2018,35(2):48-51.
- [2] 赖锦洪. 大豆渣的开发利用研究[D]. 广州:华南农业大学,2019.
- [3] 何欢,黄宇,黄莉萍,等. 豆渣调味酱的研制[J]. 粮食加工,2009,34(4):74-77.
- [4] 吕新河. 模糊评定法结合混料设计优化全蛋糊配方[J]. 美食研究,2018,35(1):24-27.
- [5] 李云雁,胡传荣. 试验设计与数据处理[J]. 北京:化学工业出版社,2008:114-119,204-207.
- [6] 赵贵兴,陈霞,刘丽君,等. 豆渣酱粉的调味研究[J]. 黑龙江农业科学,2015(3):114-116.
- [7] 方忠祥. 食品感官评定[M]. 北京:中国农业出版社,2010:126-157.
- [8] 李锐,李想,徐长友,等. 黄秋葵红鲷鱼丸制作工艺研究[J]. 美食研究,2018,34(3):30-33.

A study on the formula optimization of soy paste based on simplex - lattice design

XUE Wei¹, CAO Zhongwen², YUAN Jieru²

(1. College of Culinary Science and Technology, Jiangsu Tourism Vocational College, Yangzhou, Jiangsu 225127, China;

2. College of Tourism and Culinary Science, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China)

Abstract: Based on the single factor experiments and the simplex-lattice design experiment, the sensory evaluation equation of soybean paste was established the optimal formula was consisted of 17 g of soybean oil, 3 g of chili oil, 21.95 g of cooked soybean residue, 5.07 g of sugar, 17.16 g of light soy sauce, 3.08 g of liquor, and 2.73 g of dark soy sauce. In addition, simple quantitative description analysis and preference test demonstrated good performance of the soybean dregs paste prepared by this method and good market acceptance.

Key words: soy sauce; simplex-lattice design; food sensory

(责任编辑:赵 勇)