

AHP 与二次正交回归法在优化番茄辣椒酱 关键工艺条件中的应用研究

吴妍雯, 谭 薇, 卢晓黎*
(四川大学食品工程系, 四川 成都 610065)

摘 要: 本实验以番茄辣椒酱为研究对象, 以二元二次正交回归法为试验设计方案, 以感官评定为指标, 以 AHP 为分析手段, 研究了黄原胶与白砂糖含量、辣椒番茄比、加热时间与品质之间的关系, 得出了综合感官指标的回归方程。由 AHP 和二次正交回归法优化的番茄辣椒酱关键工艺条件和配方为: 辣椒番茄比 1:4、加热温度 100℃、加热时间 5min、白砂糖 11.78%、黄原胶 0.73%、CaCl₂ 1%、味精 0.01%、白醋 0.06%、水 14.3%。

关键词: AHP; 二次正交回归法; 番茄辣椒酱; 关键工艺条件

Application and Research on Analytic Hierachy Process (AHP) and Quadric Orthogonal
Regression Experiment on Processing Craft of Chili Sauce

WU Yan-wen, TAN Wei, LU Xiao-li*
(Department of Food Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Chili sauce was taken as the research object, with the binary quadric orthogonal regression method as the design experiment, and the sense organs assess as the test indices. Taking AHP as the analyzing means, the optimum conditions of chili sauce data were studied with respect to xanthan gum and sugar content, the ratio capsicum of to tomato and heat treating time. Through the AHP and quadric orthogonal regression experiment, the processing craft of chili sauce include: ratio of capsicum to tomato 1:4, heating-up temperature 100℃, heating time 5min, sugar content 11.78%, xanthan gum content 0.73%, CaCl₂ content 1%, monosodium glutamate content 0.01%, vinegar content 0.06% and water content 14.3%.

Key words AHP(analytic hierarchy process); quadric orthogonal regression experiment; chili sauce; critical craft

中图分类号: TS255.43

文献标识码: A

文章编号: 1002-6630(2007)05-0158-05

在我国传统饮食中, 以辣椒(*Capsicum Frutescens* L)为主要原料制成的调味品深受人们所喜爱。番茄(*Lycopersicon esculentum* Mill)酸甜多汁, 也是人们喜爱的蔬菜之一。辣椒的辛辣味和番茄的酸甜味相互协调, 可以产生可口悦人、酸甜辛辣的口感, 以此配伍制成的番茄辣椒酱深受消费者欢迎。在食品研制过程中对产品的感官质量检验常常采用单一质量指标进行评价, 而单一指标则无法判断产品的综合感官质量。本文采用层次分析法(analytic hierarchy process)对感官指标进行整合, 从而得出产品的综合感官质量指标。再经过对配方和工艺的二次正交回归试验, 得到番茄辣椒酱的优化工艺条件和配方。

1 材料与方法

1.1 材料及仪器设备

1.1.1 材料

盐渍红辣椒: 四川丹丹食品有限公司提供, 含盐量 8%; 番茄: 要求新鲜红润、品质良好; CaCl₂: 分析纯; 黄原胶: 食品级; 白砂糖: 符合 GB 317 中一级标准要求; 味精: 符合 GB/T8967 谷氨酸钠(99%味精)中的要求; 白醋: 符合 GB18187 中液态发酵标准质量要求。

1.1.2 仪器设备

FK-A 型组织匀浆捣碎机; JM5U 型胶体磨; BS224S 型电子天平; YX280B 型蒸汽杀菌器; 其它实验室常用仪器、设备及器皿。

1.2 方法

1.2.1 工艺方法

收稿日期: 2006-10-20

*通讯作者

作者简介: 吴妍雯(1982-), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品加工与保藏应用技术。

表1 感官质量评价
Table 1 Grade of sense organs assess

项目	分值			
	10~9	8~6	5~3	2~0
色泽	色泽红润, 光泽鲜亮	色泽红润, 有光泽	色泽红润, 略有光泽	色泽红润, 无光泽
气味	香气浓郁	香气较浓	香气较淡	香气淡
滋味	味纯厚、适口	味纯厚, 较适口	味纯厚, 适口性较差	味纯厚, 适口性差
形态	粘稠适度, 凝胶质构均匀	粘稠, 凝胶质构较好	粘稠或稀释, 凝胶质构差	有固、液分层

表2 AHP 1~9 标度比率
Table 2 Ratio 1~9 of AHP

相对重要性	极端重要	强烈重要	明显重要	稍微重要	同等重要	中间性	恰反性
标度值 B_{ij}	9	7	5	3	1	2, 4, 6, 8	倒数

番茄经挑选、清洗、漂烫、去皮捣碎, 按比例与捣碎的盐渍辣椒混合均匀, 加热至100℃, 加入白砂糖、黄原胶和CaCl₂ 1%、味精0.01%、白醋0.06%、水14.3%, 搅拌均匀, 用胶体磨均质细化, 装瓶封盖后杀菌得到产品。

1.2.2 感官质量评价

成立十人嗜好型评审组进行感官评价。评价方法: 用角匙取样品适量放置在白色磁质器皿中, 观其颜色和状态, 嗅其气味, 并用角匙取少量放入口中品尝其滋味。

评定项目和评价标准如表1所示。

AHP 评价综合感官指标

AHP 主要是对各项指标确定一个比较科学的权重, 然后采用加权平均的方法确定综合评价。建立矩阵:

$$B = \begin{bmatrix} F_1/F_1 & F_1/F_2 & \cdots & F_1/F_n \\ F_2/F_1 & F_2/F_2 & \cdots & F_2/F_n \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ F_n/F_1 & F_n/F_2 & \cdots & F_n/F_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{bmatrix}$$

其中, 若 F 为未知时, 可以根据评价者对物料之间两两对比的关系, 主观作出比值的判断, 或用Delphi法来确定这一比值。为了使各因素之间两两进行比较得到量化的判断矩阵, 对食品的感官评价引入一个1~9的标度, 如表2所示。

对感官指标的四个部分, 即 F_1 色泽、 F_2 滋味、 F_3 气味、 F_4 形态, 根据表1的标度和评价人员的评价意见填写矩阵 B , 并计算出 B 的特征向量, 将特征向量标准化, 即得各感官指标的权重值 W_i , 计算出其对应的最大特征值 λ_{\max} , 然后再进行一致性检验^[1]。矩阵:

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 7 & 4 & 1 \\ 1/7 & 1 & 1/2 & 1/7 \\ 1/4 & 2 & 1 & 1/4 \\ 1 & 7 & 4 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow W = \begin{bmatrix} 1.6686 \\ 0.2309 \\ 0.4318 \\ 1.6686 \end{bmatrix}$$

$$\rightarrow W_i = \begin{bmatrix} 0.4172 \\ 0.0577 \\ 0.1079 \\ 0.4172 \end{bmatrix} \rightarrow \lambda_{\max} = 4.000$$

一致性检验: $C \cdot I = 0$ $R \cdot I = 0$ $C \cdot R = 0.000 <$

0.10(合格)

其中, 矩阵特征向量(权重): $W_i = \frac{V_i}{\sum_{j=1}^n V_j}$ (ij=1, 2, ..., n)

矩阵最大特征值: $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(BW)_i}{W_i}$

$C \cdot I = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$

随机一致性指标: $C \cdot R = \frac{\lambda_{\max} - n}{(n - 1) \cdot R \cdot I}$ ($C \cdot R \leq 0.10$ 时, 表示评判合理)

随机性指标 $R \cdot I$ [2]: 当矩阵阶数 $n=1, 2$ 时, $R \cdot I=0$; $n=3$, $R \cdot I=0.50$; $n=4$, $R \cdot I=0.90$; $n=5$, $R \cdot I=1.12$ 。

以上计算结果表明, 番茄辣椒酱感官质量指标权重 W_i 分别为: 色泽0.4172、香气0.0577, 滋味0.1079、形态0.4172, 一致性检验是合格, 即评判合理, 由此可知色泽和形态对番茄辣椒酱感官质量影响较大。将各项指标得分分别与 W_i 相乘之后得到总加和, 从而得出综合感官指标。

1.2.3 单因素对番茄辣椒酱品质的影响

根据预试验结果确定单因素影响试验的因素水平见表3。

表3 单因素水平
Table 3 Levels of single factors

因素	水平
辣椒番茄比	1:1, 1:2, 1:3, 1:4, 1:5
黄原胶浓度(%)	0.2, 0.5, 1, 2, 3
白砂糖含量(%)	2, 5, 10, 15, 20
加热时间(min)	5, 10, 15, 30, 60

1.2.4 番茄辣椒酱关键工艺条件的确定

在单因素的基础上,采用正交试验法进行参数优化。根据正交试验的结果选取其中最重要的两个因素,再设计一个二元二次正交回归试验^[3],得出番茄辣椒酱综合感官质量的回归方程,即其数学模型。

2 结果与分析

2.1 单因素对番茄辣椒酱品质的影响结果

2.1.1 辣椒番茄比对番茄辣椒酱品质的影响结果

工艺条件为加热温度100℃、加热时间5min、白砂糖10%、黄原胶1%、CaCl₂ 1%、味精0.01%、白醋0.06%、水14.3%,辣椒番茄比对番茄辣椒酱品质的影响结果见图1。分析图1可知,当辣椒番茄比为1:3时,番茄辣椒酱的综合感官评价最好。当辣椒番茄比升高至1:1时,几乎无番茄香味;当辣椒番茄比降低至1:5时,水分含量过高,番茄辣椒酱的形态不佳。

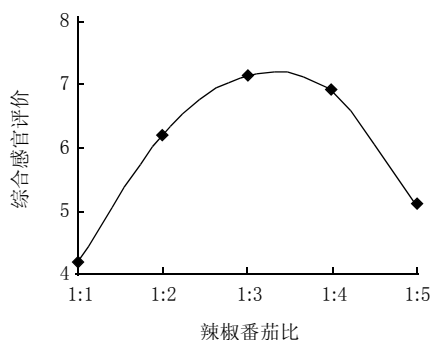


图1 辣椒番茄比对番茄辣椒酱品质的影响

Fig.1 Effects of ratio of capsicum to tomato on chili sauce's quality

2.1.2 黄原胶浓度对番茄辣椒酱品质的影响结果

工艺条件为辣椒番茄比1:3、加热温度100℃、加热时间5min、白砂糖10%、CaCl₂ 1%、味精0.01%、白醋0.06%、水14.3%,黄原胶浓度对番茄辣椒酱品质的影响结果见图2。分析图2可知,黄原胶在浓度为1%左右时,番茄辣椒酱的品质较佳。

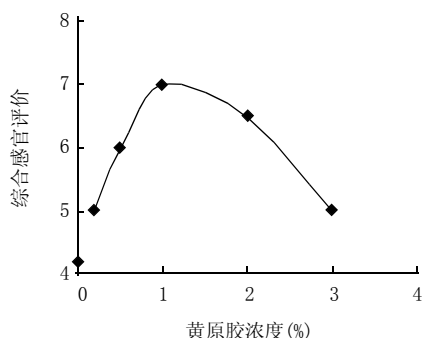


图2 黄原胶对番茄辣椒酱品质的影响

Fig.2 Effects of xanthan gum on chili sauce's quality

2.1.3 白砂糖含量对番茄辣椒酱品质的影响结果

工艺条件为辣椒番茄比1:3、加热温度100℃、加热时间5min、黄原胶1%、CaCl₂ 1%、味精0.01%、白醋0.06%、水14.3%,白砂糖含量对番茄辣椒酱品质的影响结果见图3。分析图3可知,白砂糖含量为10%左右时,番茄辣椒酱的品质较佳,甜度适中。

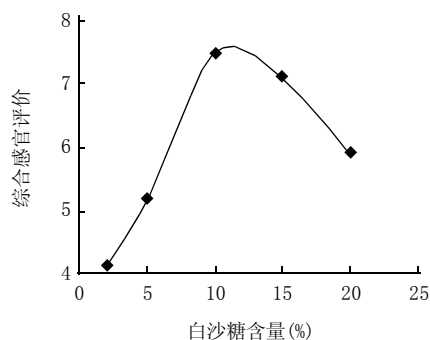


图3 白砂糖含量对番茄辣椒酱品质的影响

Fig.3 Effects of sugar content on the chili sauce's quality

2.1.4 加热时间对番茄辣椒酱品质的影响结果

工艺条件为辣椒番茄比1:3、加热温度100℃、黄原胶1%、白砂糖10%、CaCl₂ 1%、味精0.01%、白醋0.06%、水14.3%,加热时间对番茄辣椒酱品质的影响结果见图4。分析图4可知,加热时间为5min时,番茄辣椒酱的品质较佳。

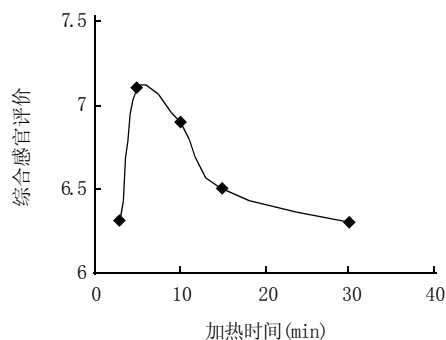


图4 加热时间对番茄辣椒酱品质的影响

Fig.4 Effects of heating time on chili sauce's quality

2.2 二元二次回归法确定工艺条件

2.2.1 正交试验

根据单因素试验结果,优化试验的因素与水平见表

表4 因素水平表
Table 4 Levels and factors

水平	因素			
	A	B	C	D
	白砂糖含量 (%)	辣椒番茄比	黄原胶含量 (%)	加热时间 (min)
1	8	1:2	0.5	5
2	10	1:3	1	10
3	12	1:4	1.5	15

表5 正交试验结果
Table 5 Orthogonal test and results

水平	A	B	C	D	感官指标				综合感官指标
					色泽	气味	滋味	形态	
1	1	1	1	1	7.8	7.35	6.65	6.6	7.170
2	1	2	2	2	7.8	6.95	6.45	7.05	7.313
3	1	3	3	3	7.65	7.1	6.5	6.9	7.202
4	2	1	2	3	7.35	7.1	6.75	7.65	7.417
5	2	2	3	1	7.3	7.15	6.58	6.8	7.025
6	2	3	1	2	7.15	7.05	6.6	6.5	6.834
7	3	1	3	2	7.3	7	6.6	7.05	7.124
8	3	2	1	3	7.75	6.85	6.43	7.25	7.368
9	3	3	2	1	8	6.9	7.2	7.3	7.580
K ₁	21.686	21.712	21.373	21.776					
K ₂	21.277	21.707	22.311	21.271					
K ₃	22.072	21.617	21.352	21.988					
R	0.265	0.032	0.320	0.239					

表7 二元二次正交回归试验结果
Table 7 Binary quadric orthogonal regression test and results

水平	因素						感官指标				综合感官指标
	X ₀	X ₁	X ₂	X ₁ X ₂	X ₁ '	X ₂ '	色泽	气味	滋味	形态	
1	1	1	1	1	0.368	0.368	7.8	7.35	6.65	3.8	6.000
2	1	1	-1	-1	0.368	0.368	7.8	6.95	6.45	7.1	7.334
3	1	-1	1	-1	0.368	0.368	7.65	7.1	6.5	4.5	6.199
4	1	-1	-1	1	0.368	0.368	7.35	7.1	6.75	7.75	7.460
5	1	1.078	0	0	0.530	-0.632	7.3	7.15	6.58	7.05	7.130
6	1	-1.078	0	0	0.530	-0.632	7.45	7.05	7.65	7.15	7.346
7	1	0	1.078	0	-0.632	0.530	7.3	7.0	6.6	4.95	6.246
8	1	0	-1.078	0	-0.632	0.530	7.5	6.85	7.08	7.9	7.107
9	1	0	0	0	-0.632	-0.632	8	6.9	7.2	6	7.706
10	1	0	0	0	-0.632	-0.632	8	6.9	7.2	7.3	7.580
a _j	10	6.324	6.324	4	2.701	2.701					
B _j	70.71	-0.567	-4.164	-0.07	-0.901	-1.505					
b _j	7.071	-0.090	-0.658	-0.018	-0.334	-0.557					
Q _j		0.051	2.742	0.001	0.301	0.839					

4. 选用L₉(3⁴)表进行正交试验分析。正交试验结果见表5。

正交试验结果表明,利用极差分析可得因素对番茄辣椒酱品质的影响:C>A>D>B,即黄原胶含量对番茄辣椒酱的品质影响最大,其次依次为白砂糖含量、加热时间和辣椒番茄比。其中最佳工艺条件和配方为A₃B₃C₂D₁,即白砂糖12%、辣椒番茄比1:4、黄原胶1%、加热时间5min。

2.2.2 二元二次正交回归试验

根据正交试验结果,进一步优化工艺参数与配方,选取黄原胶含量和白砂糖含量作为二元二次正交回归试验的因素,进行二元二次正交回归试验,其中辣椒番茄比1:4,加热时间5min。因素编码如表6所示。

根据表7结果,建立回归方程如下:

番茄辣椒酱的综合感官指标

$$Y_1 = 7.071 - 0.090X_1 - 0.658X_2 - 0.018X_1X_2 - 0.334X_1^2$$

表6 因素编码表
Table 6 Factors code value

水平	因素	
	白砂糖含量 X ₁ (%)	黄原胶含量 X ₂ (%)
基准水平(0)	12	1
上水平(+1)	13.86	1.46
下水平(-1)	10.14	0.54
上星号臂(+1.078)	14	1.5
下星号臂(-1.078)	10	0.5

$$-0.557X_2^2$$

回归值与观察值的拟和情况如表8所示。

回归方程显著性检验^[4]如表9所示。

$$F = \frac{Q_R/f_R}{Q_S/f_S} = \frac{3.933/5}{0.009/4} = 345.56 > F_{0.01}(5, 4) = 15.52$$

结果表明Y=f(X₁, X₂)在α=0.01水平上高度显著,回归方程的拟和情况较好,回归模型选择比较合适。

地黄色素的提取及稳定性研究

张振凌¹, 张庆岭², 杨海玲¹

(1. 河南中医学院, 河南 郑州

450008 2. 陕西中医学院, 陕西 咸阳

712046)

摘 要: 目的: 对地黄色素的提取方法和稳定性进行初步研究。方法: 以地黄的新鲜块根为原料, 利用超声波技术, 用不同的有机溶剂提取鲜地黄色素, 采用正交试验的方法选取最佳工艺; 考察在不同 pH 值、温度、紫外线、氧化剂、还原剂、金属离子等条件下鲜地黄的色素。结果: 当物料与无水乙醇的比例为 1:3, 温度为 40℃, 超声 10min, 收率为 6.6%。鲜地黄色素在碱性条件下稳定, 紫外线和还原剂对其稍有影响, 热、氧化剂及几种金属离子对色素有较大影响。结论: 最佳提取工艺条件确立。色素有一定稳定性。

关键词: 地黄; 超声波; 色素; 提取; 稳定性

Study on Pigment Extraction from *Rehmannia glutinosa* with Ultrasound and Its Stability

ZHANG Zhen-ling¹, ZHANG Qing-ling², YANG Hai-ling¹

(1. Henan College of Traditional Chinese Medicine, Zhengzhou

450008, China

2. Shaanxi College of Traditional Chinese Medicine, Xianyang

712046, China)

Abstract: Objective: The fresh glutinous *Rehmannia* pigment extract and its stability were studied. Method: Fresh *Rehmannia glutinosa*'s fresh block root was taken as raw material and extracted by organic solvent using ultrasound. The optimum extracting

收稿日期: 2006-06-22

作者简介: 张振凌(1957-), 女, 教授, 主要从事中药饮片的研究与开发。

表 8 回归值与观察值的比较
Table 8 Comparison regression value with observed value

组别	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y-回归值	5.98	7.33	6.19	7.47	7.15	7.34	6.27	7.70	7.63	7.63
观察值	6.00	7.33	6.20	7.46	7.13	7.35	6.25	7.71	7.7	7.58

表 9 回归方程的显著性检验
Table 9 Significance test of regression equation

回归平方和 Q_R	总平方和 Q_S	剩余平方和 Q_{R_S}	回归自由度 f_R	总自由度 f_S	剩余自由度 f_{R_S}
3.933	3.942	0.009	5	9	4

各指标的优化计算: 由回归方程求极值得出目标优化值, 优化结果为白砂糖 11.78%, 黄原胶 0.73%。

3 结 论

3.1 运用 AHP 对番茄辣椒酱的感官指标进行整合, 得出的综合感官指标能较准确地说明产品的感官品质。

3.2 以 AHP 分析为基础, 结合正交试验结果, 应用二元二次正交回归试验, 得到综合感官指标的回归方程, 可以进一步优化工艺参数与配方。

3.3 由 AHP 和二元二次正交回归法优化的番茄辣椒

酱关键工艺条件和配方为: 辣椒番茄比 1:4、加热温度 100℃、加热时间 5min、白砂糖 11.78%、黄原胶 0.73%、CaCl₂ 1%、味精 0.01%、白醋 0.06%、水 14.3%。

参考文献:

- [1] 杨铭铎, 张春梅, 姚蕊, 等. 番茄水烹煮工艺的研究——层次分析法的应用[J]. 食品科学, 2005, 26(11): 169-173.
- [2] 潘明, 王世宽, 杨东. 豆腐感官质量的灰色综合评判[J]. 食品研究与开发, 2000, 21(10): 40-42.
- [3] 王钦德, 杨坚. 食品试验设计与统计分析[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2002.
- [4] 袁志发, 周静芊. 试验设计与分析[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.