

A Study on Vacuum Fried *Pleurotus eryngii* Chips and Optimization Technology

Zhengjiang Ma, Wenliang Wang*, Zhiqing Gong, Yansheng Wang, Wenjia Cui, Fengjuan Jia

¹Institute of Agro-Products Processing Science and Technology, SAAS, Jinan Shandong

²Shandong Provincial Key Laboratory of Agro-Products Processing Technology, Jinan Shandong

Email: vincentma999@126.com, *cywwl@163.com

Received: Aug. 4th, 2016; accepted: Aug. 21st, 2016; published: Aug. 24th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

This paper studied the effect of frying oil temperature, frying time and vacuum degree on the quality of the *Pleurotus eryngii* Chips. Experimental study found that frying temperature and frying time had a significant effect on color value, oil content and moisture content of *Pleurotus eryngii*. The higher the oil temperature is, the lower the color value and the water content are and the higher the oil content is. There was no significantly effect of vacuum degree on color value and oil content of mushroom, but significantly effect on oil content. The higher the vacuum degree, the faster the drying rate. Response surface has got the optimal conditions of vacuum frying: temperature 87.71°C, time 12.79 min, vacuum degree 0.92 MPa.

Keywords

Pleurotus eryngii, Vacuum Frying, Color Value, Oil Content, Moisture Content

杏鲍菇脆片真空油炸工艺研究及优化

马征祥, 王文亮*, 弓志青, 王延圣, 崔文甲, 贾凤娟

¹山东省农业科学院农产品研究所, 山东 济南

²山东省农产品精深加工技术重点实验室, 山东 济南

Email: vincentma999@126.com, *cywwl@163.com

*通讯作者。

文章引用: 马征祥, 王文亮, 弓志青, 王延圣, 崔文甲, 贾凤娟. 杏鲍菇脆片真空油炸工艺研究及优化[J]. 食品与营养科学, 2016, 5(3): 114-127. <http://dx.doi.org/10.12677/hjfn.2016.53015>

收稿日期: 2016年8月4日; 录用日期: 2016年8月21日; 发布日期: 2016年8月24日

摘 要

本文研究了油炸温度、油炸时间、真空度等因素对杏鲍菇脆片品质的影响和各因素共同对杏鲍菇品质的影响。通过实验对比发现, 油炸温度、油炸时间对杏鲍菇的色差值、含油率、含水率有显著的影响, 温度越高, 色差值、含水率越低, 含油率越高; 真空度对杏鲍菇的色差值、含油率影响不显著, 对含水率影响显著, 真空度越高, 干燥速率越快。响应面得到最佳真空油炸条件: 温度87.71℃、时间12.79 min、真空度0.92 MPa。

关键词

杏鲍菇, 真空油炸, 色差值, 含油率, 含水率

1. 引言

杏鲍菇, 又名刺芹侧耳, 是集食用、药用、食疗于一体的珍稀食用菌新品种, 杏鲍菇脆片是以杏鲍菇为原料加工而成, 果蔬脆片类食品的种类在市场上已经非常多, 干燥方式比较多, 比如自然干燥、热风干燥、真空干燥、真空微波干燥、气流膨化干燥、真空冷冻干燥、真空低温油炸干燥等方式及其联合使用, 不同方式对物料影响不同, 会造成色泽、酥脆度、外形、风味方面的差异。

真空低温油炸技术[1]-[4]是 20 世纪 70 年代发展起来的果蔬产品加工技术; 该技术是相对与真空条件下, 利用较低的温度, 通过热油介质的传导使食用菌中的水分不断蒸发, 由于强烈的汽化而产生较大的压强使细胞膨胀, 在较短的时间内使水分蒸发, 降低食用菌水分含量至 3%~5%, 经过冷却后即呈酥松状。该技术不仅对食用菌的维生素等营养成分破坏少, 而且较好的保持食用菌原有的色、香、味及形态。

2. 材料和设备

2.1. 实验材料和试剂

杏鲍菇华联超市, 磷酸二氢钠国药集团化学试剂有限公司, 磷酸氢二钠国药集团化学试剂有限公司, 柠檬酸国药集团化学试剂有限公司, 柠檬酸河南通宇食品化工有限公司, 过氧化氢 Sigma-Aldrich 公司, 愈创木酚北京索莱宝科技有限公司, 邻苯二酚 Sigma-Aldrich 公司, 乙醇天津市富宇精细化工有限公司, 可溶性淀粉天津市科密欧化学试剂有限公司, 棕榈油益海嘉里食品营销有限公司连云港分公司, 麦芽糊精山东西王糖业有限公司, 五水合硫代硫酸钠国药集团化学试剂有限公司, 碘化钾国药集团化学试剂有限公司, L-半胱氨酸河南天祥食品添加剂有限公司, D-异抗坏血酸钠河南天祥食品添加剂有限公司, NaCl 山东肥城精制盐厂, 蔗糖山东省东方糖业有限公司。

2.2. 主要仪器设备

高速冷冻离心机 CR22DIII 日立公司(Hitachi), 果蔬切片机永康市新奈商贸公司, 低温冰箱 JND-L200 宁波江南仪器厂, 电热恒温水浴锅上海精宏实验设备有限公司, 万分之一分析天平 MS104S 瑞士梅特勒(Mettler), 超纯水器 UPW-20N 北京市历元电子仪器技贸公司, UV-1750 分光光度计日本岛津公司, 玻璃仪器气流烘干机长城科工, 康光 SC-80C 全自动色差计北京康光仪器有限公司, 电加热夹层锅诸城市商鼎机械有限公司, VF2ST 实验型真空油炸机烟台海瑞食品设备有限公司, 物性测试仪 TA·XT plus 英国

Stable Micro Systems 公司, SZF-06A 索氏提取器杭州汇尔仪器设备有限公司。

2.3. 试验方法

2.3.1. 真空油炸单因素实验设计

由于真空油炸的油炸温度、油炸时间和真空度等工艺参数对杏鲍菇脆片品质影响较大[5]-[13], 因此本实验在前处理的基础之上进行真空油炸参数的单因素实验研究, 将经过前处理的杏鲍菇片按照表 1 中的试验设计进行油炸温度和油炸时间的单因素研究。

进行单因素实验时使用控制变量法, 将油炸温度, 填料比, 油炸时间分别定义为独立变量进行的单因素处理, 将另外两个变量定义为固定变量, 且固定变量的值的定义标准为油炸温度 90℃, 填料比 50%, 油炸时间 15 min; 真空度 0.1 MPa。

2.3.2. 真空油炸工艺参数响应面优化实验设计

本实验采用 1.4.1 单因素实验结果, 对脆片品质影响较大的油炸温度, 填料比, 油炸时间三个因素进行处理, 设计响应面试验方案见表 2。

2.4. 测定参数

2.4.1. 白度值的测定

使用康光 SC-80C 全自动色差计进行测定白度(L 值)。

杏鲍菇脆片经过护色处理后, 进行真空油炸干制成水分活度为 0.1~0.4, 含水量大约为 5%左右的脆片。干制结束后, 用色差计测定干制后的杏鲍菇片的白度, 为了减小各个部位的颜色不同而造成影响, 因此将杏鲍菇片粉碎过 40 目筛子, 将各部分混合均匀后, 测定该粉末的白度 L 值。L 值表示色泽的明暗度, L = 0 表示黑色, L = 100 表示白色。L 值越大, 则颜色越白, 表示褐变程度越轻; L 值越小, 说明褐变程度越严重。每个处理组重复 3 次, 去平均值作为样品的白度值。

2.4.2. 脆度值测定

使用英国 Stable Micro Systems 公司的 TA·XT plus 物性测试仪, 使用 P/2.5 球型探头, 在距离脆片 1 cm 位置以 1.0 mm/s 向下运动, 接触脆片后继续保持该测试速度并下压 3 mm, 测试杏鲍菇片的脆度值, 脆度定义为以爆裂时的力与爆裂时的时间的比值。

$$\text{脆度值} = \frac{F}{t} \text{ g/s}$$

注: F: 脆片爆裂时的力大小, g;

t: 探头接触脆片到脆片爆裂时所用的时间, s。

2.4.3. 含油量的测定

使用 SZF-06A 型索氏提取器参照《GB/T5009.6-2003 食品中脂肪的测定》标准测定杏鲍菇中的含油量。

$$\text{含油量} = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100\%$$

注: M_0 : 样品质量, g;

M_1 : 接受瓶和粗脂肪的质量, g;

M_2 : 接受瓶的质量, g。

Table 1. Design of single factor of vacuum frying test
表 1. 真空油炸单因素试验设计

因素	实验 1	实验 2	实验 3	实验 4	实验 5	实验 6	实验 7	实验 8
温度/℃	60	70	80	90	100	110	120	130
真空度/MPa	0	0.02	0.04	0.06	0.07	0.08	0.09	0.1
时间/min	10	15	20	25	30	35	40	45

Table 2. Design of vacuum frying test
表 2. 真空油炸试验设计

	因素	单位	编码值		
			上水平(-1)	零水平(0)	下水平(1)
实际值	X ₁ 温度	℃	80	90	100
	X ₂ 时间	min	10	15	20
	X ₃ 真空度	MPa	0.8	0.9	0.1

2.4.4. 含水率的测定

根据国标《GB 5009.3-2010 食品安全国家标准食品中水分的测定》中的规定测定含水率。

2.4.5. 水分活度的测定

根据国家标准《GBT 23490-2009 食品水分活度的测定》中的规定方法测定水分活度。

2.4.6. 感官评定

根据《GB 7096-2014 食品安全国家标准食用菌及其制品》和《GBT12310-2012 感官分析成对比检验》标准、预实验研究和相关报道得出以下感官评定标准，见表 3，由 10 名经过培训的评定小组专家进行评分。

3. 结论

3.1. 单因素实验结果分析

3.1.1. 真空油炸温度对脆片品质的影响

本实验研究了真空油炸温度对杏鲍菇脆片品质的影响，由图 1 可以得出结论，在油炸时间和真空度恒定，随着油炸温度的提高，杏鲍菇脆片中的含水率逐渐降低，实验发现，60℃和 70℃条件下得到的产品没有脆性，80℃以后脆片产品拥有适度的脆性，且脆性大于 433.76 g/s，原因是组织中的水分含量较大，所以杏鲍菇组织不具有酥脆特性；研究发现水分活度(Aw)随着油炸温度的提高，逐渐的降低，且当温度达到 90℃时，水分活度降低到 0.4 以下，说明产品的保藏性良好；脆片中含油量随着温度的提高而不断的增加，在 90℃时，杏鲍菇脆片中的含油量是 26.28%，当温度高于 90℃时含油量均有所增加。

由图 2 可以得出结论，小于 90℃时，随着温度的提高 L 值逐渐的提高，90℃时 L 值为 81.68，大于 90℃时，随着温度的提高 L 值逐渐的降低，可能的原因是温度越高组织中越容易发生褐变反应，使得产品的 L 值降低。

3.1.2. 真空油炸时间对脆片品质的影响

真空油炸时间对杏鲍菇脆片的品质具有强烈的影响，预实验研究发现，处理时间越长脆片的品质越差。本实验研究真空油炸时间对杏鲍菇脆片品质的影响，结果见图 3，研究发现，随着油炸时间的延长，

Table 3. The sensory evaluation standard of *Pleurotus eryngo* chips
表 3. 杏鲍菇脆片感官评定标准

得分	色泽	酥脆度	油腻感	风味特征	形状	总体接受度
0~2	黄褐色, 褐变严重	较硬或较软	含有高, 口感油腻	无菇味或菇味很重难以接受	整体卷曲, 破碎严重, 焦糊现象严重	很差
3~4	黄色, 边缘褐变严重	一般	含油高, 表面油腻	菇味不明显	菇片变形严重, 微焦糊	差
5~6	黄色, 略有褐变	酥脆	含有稍高	一般	菇片四周卷曲	一般
7~8	淡黄色	比较酥脆	含有适中	菇味明显	菇片轻微卷曲	好
9~10	淡黄色, 颜色均匀一致	非常酥脆	含有较低, 无油腻感	菇味明显且适中, 易被接受	菇片完好, 无卷曲	很好

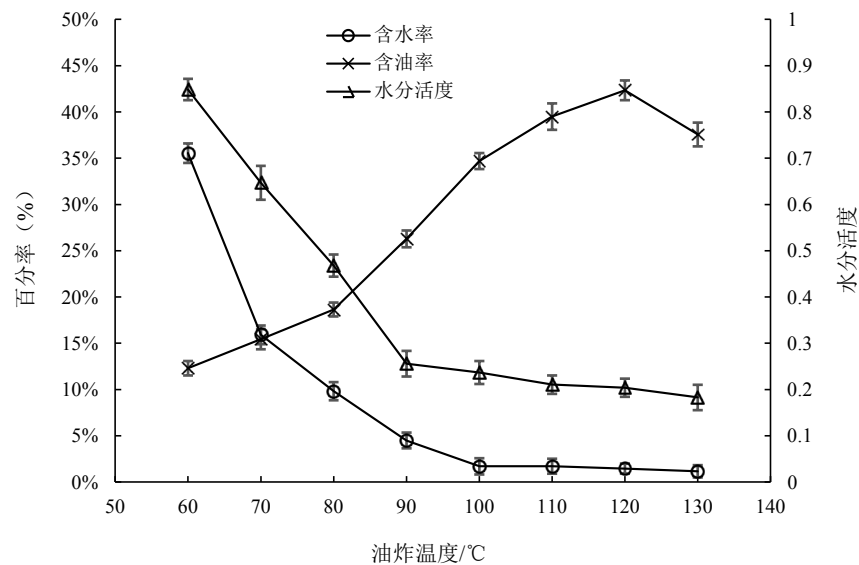


Figure 1. Effect of frying temperature on water content, oil content and water activity
图 1. 油炸温度对含水率、含油量和水分活度的影响

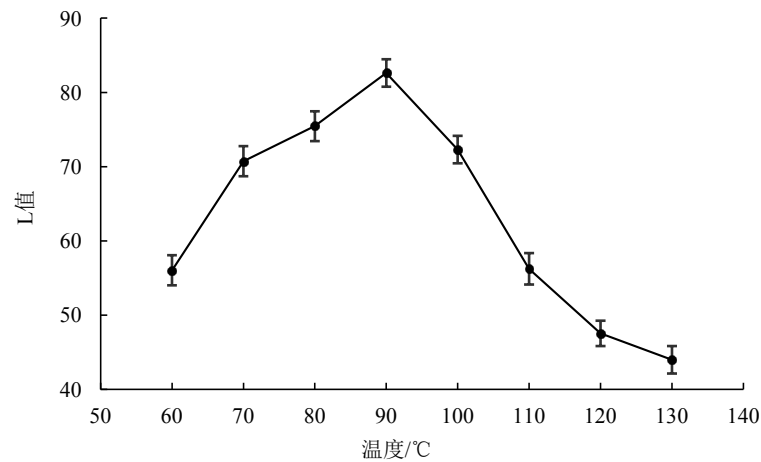


Figure 2. Effect of vacuum frying temperature on L value
图 2. 真空油炸温度对 L 值的影响

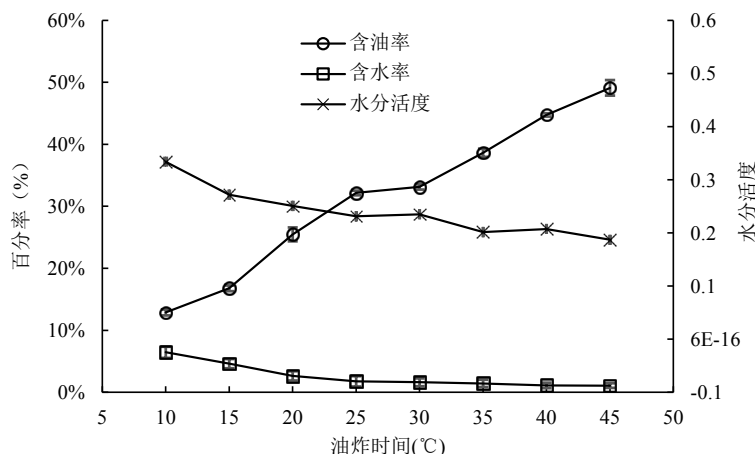


Figure 3. Effect of vacuum frying time on oil content, water content and water activity

图 3. 真空油炸时间对含油率、含水率、水分活度的影响

杏鲍菇脆片的含油率逐渐的提高, 油处理时间超过 15 min, 含油率将高于 20%; 实验范围内含水率都在 6.5% 以下; 水分活度随着油炸时间的延长逐渐的降低, 但实验范围内都在 0.4 以下, 在 15 min 时降低到 0.3 以下, 达到杏鲍菇脆片的保藏的要求。

根据图 4 可知油炸时间和 L 值成反比关系, 时间越长 L 值越小, 油炸时间长达 25 min 时, L 值就低于 70。综上所述, 本实验最佳单因素处理条件为 15 min。

3.1.3. 真空度对脆片品质的影响

真空度对脆片的品质具有极其重要的影响, 在常温状态下, 不但干燥速率慢, 而且颜色状态也极差, 产品的品质也极其不好; 在真空度较高的状态下, 干燥速率快, 而且能保证色泽。如图 5, 真空度越高干燥速率越快, 杏鲍菇的品质越好。

3.2. 真空油炸对脆片品质影响的响应面优化实验

3.2.1. 响应面方差分析

为了研究各真空油炸工艺参数对杏鲍菇脆片的含油率和 L 值的影响, 按照表 4 的试验顺序进行试验, 根据实验结果, 将所得数据用 Design-Expert 8.0.6.0 软件分析, 以温度 X_1 、时间 X_2 、真空度 X_3 为自变量, 以含油率 Y_1 和 L 值 Y_2 为因变量建立真空油炸的二次回归方程, 方程为:

$$Y_1 = 9.44 + 0.55X_1 + 0.66X_2 - 0.22X_3 - 0.20X_1X_2 + 0.35X_1X_3 - 0.068X_2X_3 + 0.68X_1^2 + 0.67X_2^2 + 0.84X_3^2$$

$$Y_2 = 84.94 - 0.37X_1 - 2.09X_2 + 0.62X_3 + 1.56X_1X_2 - 0.95X_1X_3 + 0.37X_2X_3 - 6.49X_1^2 - 3.23X_2^2 - 2.53X_3^2$$

对表 4 中的含油率结果进行方差分析, 结果见表 5。由表可知, 模型的 $p < 0.01$, 说明建立的二次多项回归方程模型具有高度显著性, 方程具有极高的可靠性。其中一次项 X_1 、 X_2 二次项 X_1X_3 、 X_1^2 、 X_2^2 、 X_3^2 对响应值 Y 影响极显著 ($p < 0.01$); X_3 对响应值 Y 影响显著 ($0.01 < p < 0.05$); X_1X_2 、 X_2X_3 均不显著 ($p > 0.05$)。失拟项 $p = 0.16 > 0.05$, 表明模型失拟度不显著, 说明残差均由随机误差引起, 建立的回归模型能代替实验真实点解释响应结果。模型决定系数 $R^2 = 0.9820$, 说明该模型可以解释 98.20% 的试验, 方程的拟合度较高。调整确定系数与预测确定系数之差 ($\text{Adj-R}^2 - \text{Pre-R}^2$) < 0.2 , 说明模型的试验值与预测值相关性较高, 模型准确。变异系数 CV 表示试验的精确度, CV 值越低, 试验的可靠性越高, 本试验的 CV = 1.86%, 说明操作可信。信噪比为 16.764, 远大于 4, 说明该模型拟合度和可信度均较高。综合以上, 该回归模型合理, 可以用该方程对含油率进行预测。

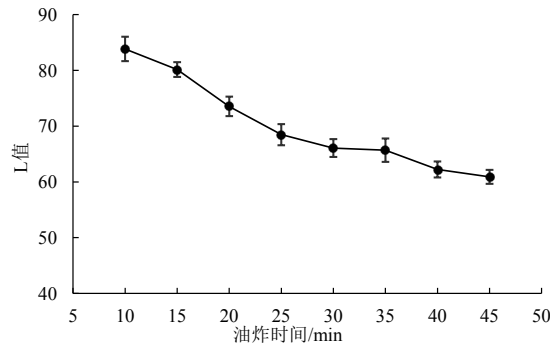


Figure 4. Effect of vacuum frying time on L value

图 4. 真空油炸时间对 L 值的影响

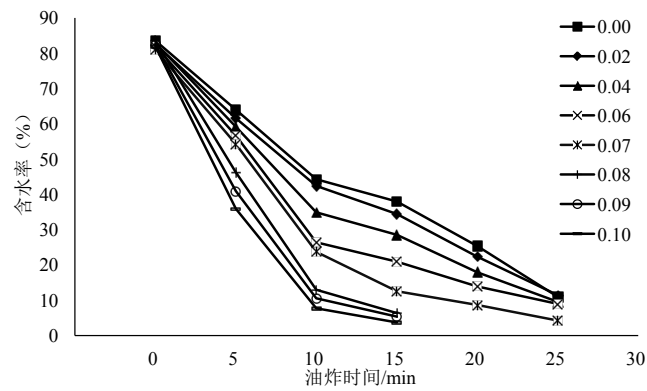


Figure 5. Effect of vacuum degree on water content

图 5. 真空度对含水率的影响

Table 4. Design of response surface experiment and the results

表 4. 响应面试验设计及结果

标准序	运行序	X ₁ :温度	X ₂ :时间	X ₃ :真空度	Y ₁ :含水率	Y ₂ :L 值
4	1	1	1	0	11.64	74.28
15	2	0	0	0	9.28	85.67
12	3	0	1	1	11.48	78.52
5	4	-1	0	-1	10.97	75.12
13	5	0	0	0	9.52	84.64
16	6	0	0	0	9.47	85.24
7	7	-1	0	1	9.67	77.18
1	8	-1	-1	0	9.55	79.26
9	9	0	-1	-1	10.28	80.57
14	10	0	0	0	9.27	84.54
17	11	0	0	0	9.65	84.59
6	12	1	0	-1	11.54	76.53
11	13	0	-1	1	10.14	82.15
8	14	1	0	1	11.64	74.81
3	15	-1	1	0	11.11	72.15
2	16	1	-1	0	10.87	75.16
10	17	0	1	-1	11.89	75.46

Table 5. Variance analysis results of oil content
表 5. 含油量方差分析结果

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value
模型 Model	14.53	9	1.61	42.46	<0.0001
X_1	2.41	1	2.41	63.33	<0.0001
X_2	3.48	1	3.48	91.62	<0.0001
X_3	0.38	1	0.38	10.06	0.0157
X_1X_2	0.16	1	0.16	4.10	0.0825
X_1X_3	0.49	1	0.49	12.88	0.0089
X_2X_3	0.018	1	0.018	0.48	0.5111
X_1^2	1.95	1	1.95	51.34	0.0002
X_2^2	1.91	1	1.91	50.21	0.0002
X_3^2	2.94	1	2.94	77.37	<0.0001
残差 Residual	0.27	7	0.038		
失拟项 Lack of Fit	0.16	3	0.053	2.02	0.2537
净误差 Pure Error	0.11	4	0.026		
矫正项 Cor Total	14.80	16			
R^2	0.9820				
Adj- R^2	0.9589				
Pred- R^2	0.8155				
变异系数/% C.V./%	1.86				

对表 4 中的 L 值的结果进行方差分析, 结果见表 6。由表可知, 模型的 $p < 0.01$, 说明建立的二次多项回归方程模型具有高度显著性, 方程具有极高的可靠性。其中一次项 X_2 二次项 X_1X_2 、 X_1^2 、 X_2^2 、 X_3^2 对响应值 Y 影响极显著($p < 0.01$); 一次项 X_3 、 X_1X_3 二次项对响应值 Y 影响显著($0.01 < p < 0.05$); X_1 、 X_2X_3 均不显著($p > 0.05$)。失拟项 $p = 0.1361 > 0.05$, 表明模型失拟度不显著, 说明残差均由随机误差引起, 建立的回归模型能代替实验真实点解释响应结果。模型决定系数 $R^2 = 0.9893$, 说明该模型可以解释 98.93% 的试验, 方程的拟合度较高。调整确定系数与预测确定系数之差($\text{Adj-}R^2 - \text{Pre-}R^2$) < 0.2 , 说明模型的试验值与预测值相关性较高, 模型准确。变异系数 CV 表示试验的精确度, CV 值越低, 试验的可靠性越高, 本试验的 $CV = 0.89\%$, 说明操作可信。信噪比为 23.967, 远大于 4, 说明该模型拟合度和可信度均较高。综合以上, 该回归模型合理, 可以用该方程对 L 值进行预测。

3.2.2. 响应面交互分析

根据回归模型, 将任意两个因素固定在零水平, 可以得到另外两个因素及其交互作用影响的响应曲面图及对应的等高线, 见图 6~11。

等高线图的形状表明变量间的交互作用是否显著。椭圆等高线表明变量间的交互作用显著, 圆形等高线表明交互作用不显著。由图 6~8 可以看出中温度和真空度对含油率的等高线为椭圆形, 说明两两因素的交互作用影响作用显著; 温度和时间、时间和真空度对含油率的等高线图近似圆形的椭圆形, 表明两两因素的交互影响作用不显著。由图 9~11 可以得出结论温度和时间对 L 值的等高线为椭圆形, 说明

Table 6. Variance analysis results of L value
表 6. L 值方差分析结果

方差来源	平方和	自由度	均方	F 值	p 值
Source	Sum of Squares	df	Mean Square	F Value	p-value
模型 Model	324.37	9	36.04	71.99	<0.0001
X_1	1.07	1	1.07	2.14	0.1866
X_2	34.99	1	34.99	69.89	<0.0001
X_3	3.10	1	3.10	6.19	0.0417
X_1X_2	9.70	1	9.70	19.38	0.0031
X_1X_3	3.57	1	3.57	7.14	0.0319
X_2X_3	0.55	1	0.55	1.09	0.3304
X_1^2	177.58	1	177.58	354.71	<0.0001
X_2^2	43.91	1	43.91	87.71	<0.0001
X_3^2	26.99	1	26.99	53.91	0.0002
残差 Residual	3.50	7	0.50		
失拟项 Lack of Fit	2.51	3	0.84	3.36	0.1361
净误差 Pure Error	1.00	4	0.25		
矫正项 Cor Total	327.88	16			
R^2	0.9893				
Adj- R^2	0.9756				
Pred- R^2	0.8728				
变异系数/% C.V./%	0.89				

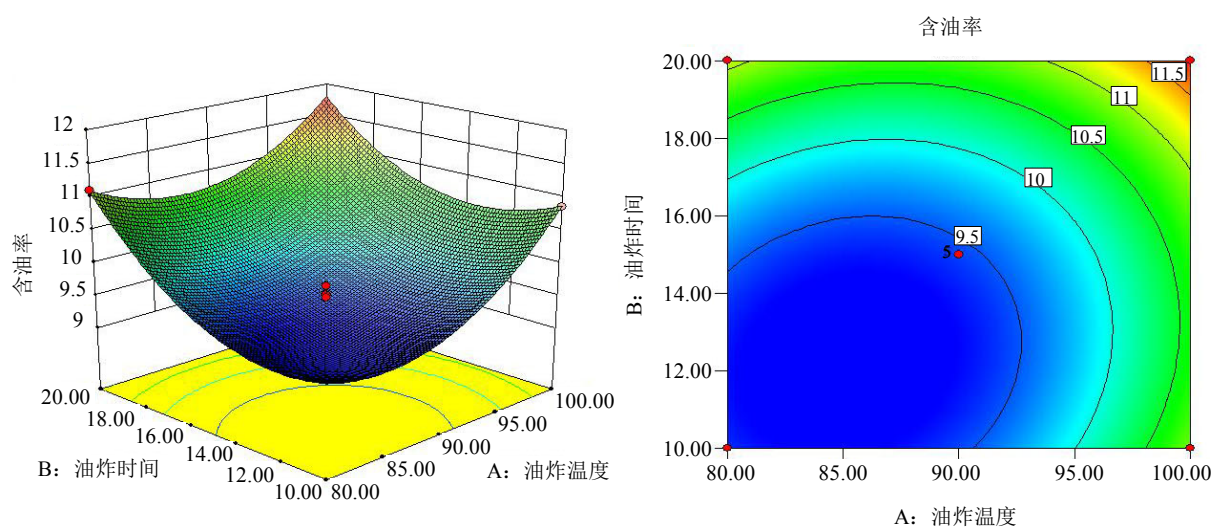


Figure 6. Responsive surface and contours of the effect of temperature and time on oil content
图 6. 温度和时间对含油率影响的响应面和等高线

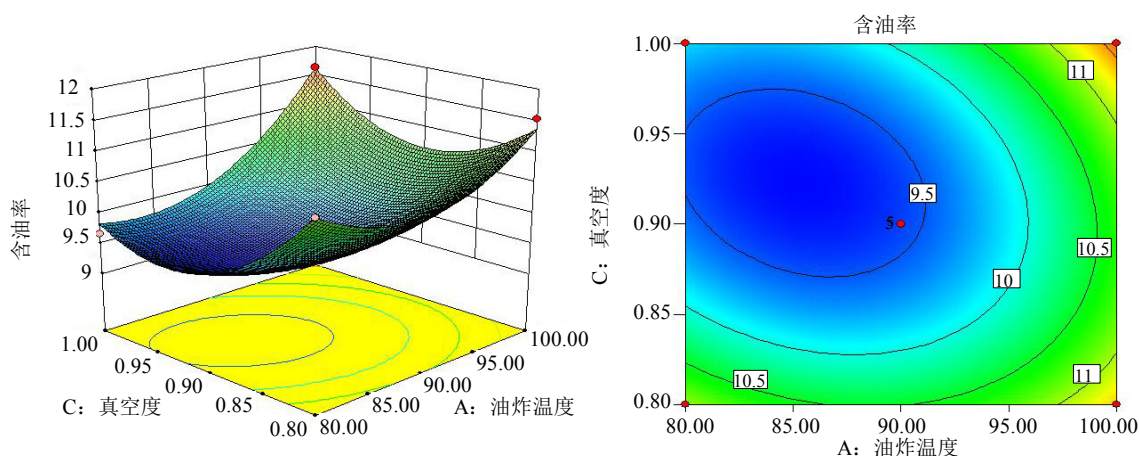


Figure 7. Responsive surface and contours of the effect of temperature and vacuum degree on oil content
图 7. 温度和真空度对含油率影响的响应面和等高线

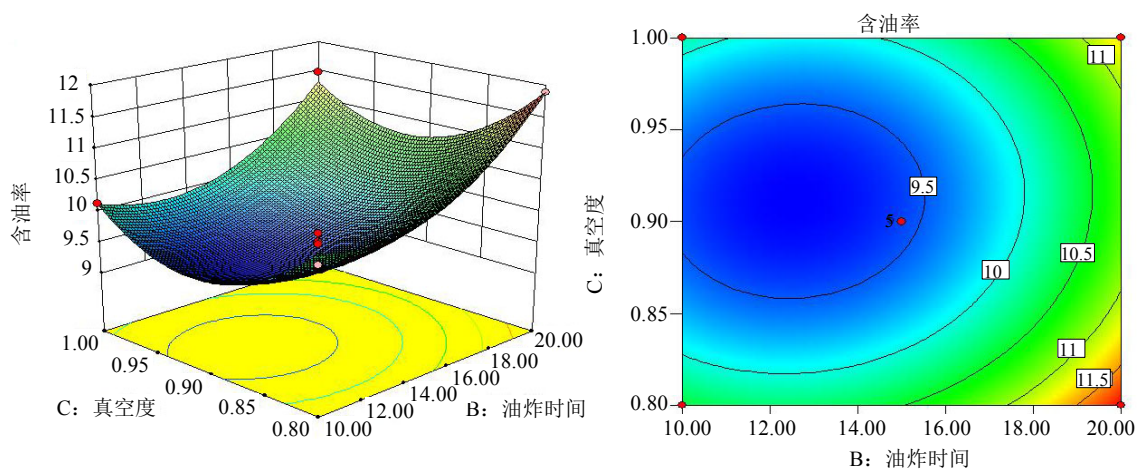


Figure 8. Responsive surface and contours of the effect of time and vacuum degree on oil content
图 8. 时间和真空度对含油率影响的响应面和等高线

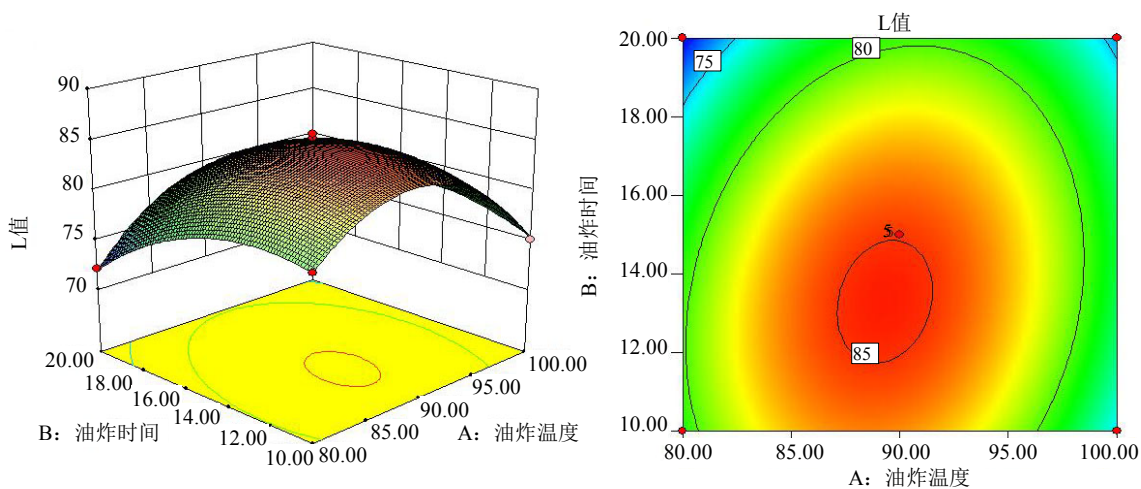


Figure 9. Responsive surface and contours of the effect of temperature and time on L value
图 9. 温度和时间对 L 值影响的响应面和等高线

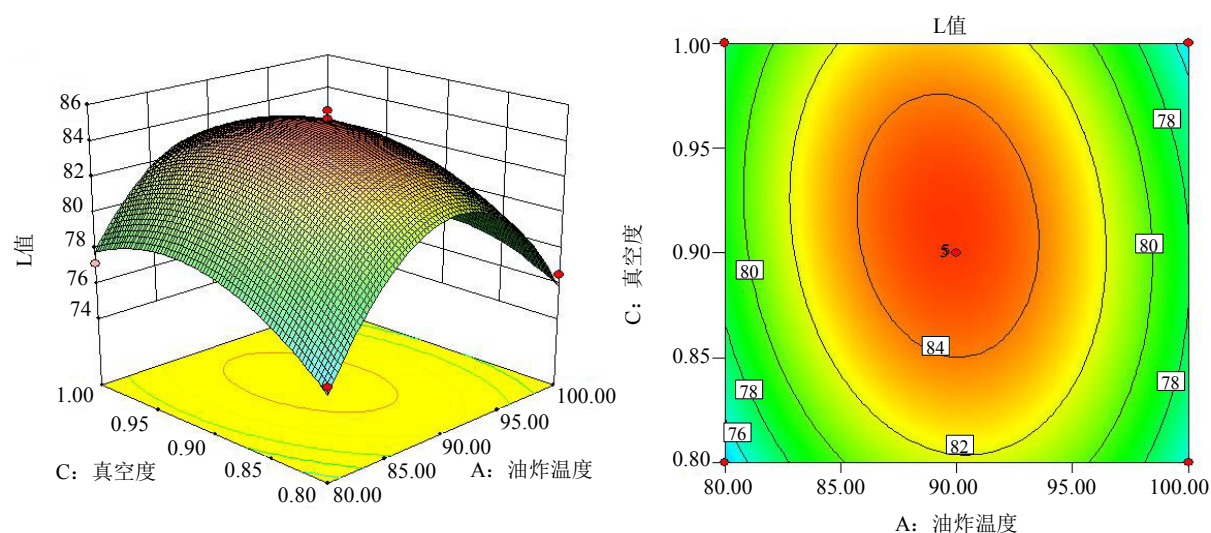


Figure 10. Responsive surface and contours of the effect of temperature and vacuum degree on L value

图 10. 温度和真空度对 L 值影响的响应面和等高线

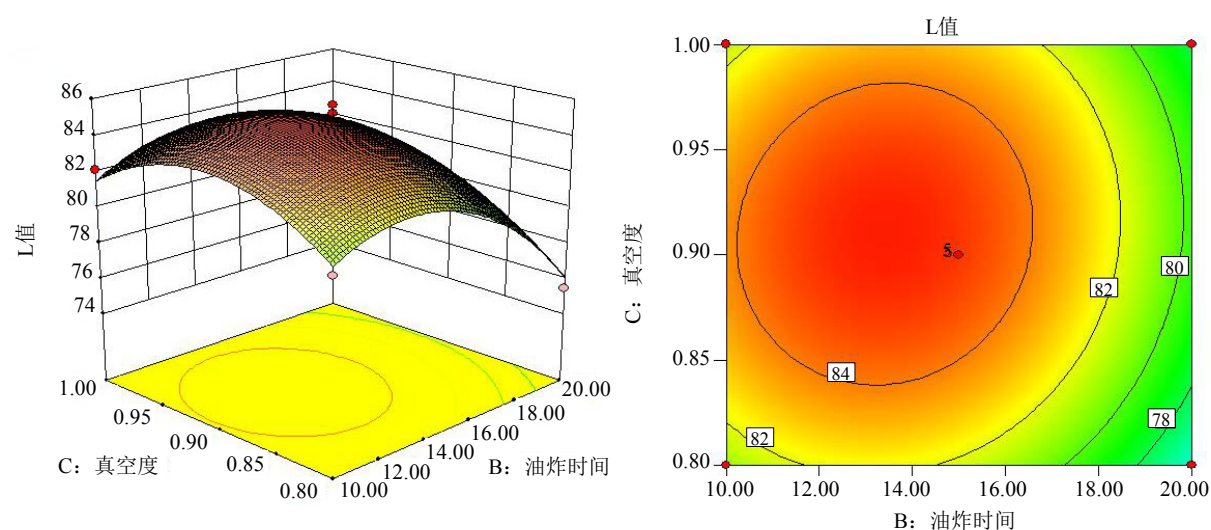


Figure 11. Responsive surface and contours of the effect of vacuum degree and time on L value

图 11. 时间和真空度对 L 值影响的响应面和等高线

两两因素的交互作用影响作用显著；温度和真空度、时间和真空度对 L 值的等高线为近似圆形的椭圆形，表明两两因素的交互影响作用不显著。

3.2.3. 响应面结果验证试验

利用 Design-Expert 8.0.6.0 得到真空油炸处理工艺的优化组合为温度 87.71℃、时间 12.79 min、真空度 0.92 MPa，最低含油率预测值为 9.15%，最高 L 值预测值为 85.17。验证实验根据模拟优化条件进行合理化修改，实验条件为 88℃、时间 13 min、真空度 0.92 MPa，实验结果为含油率为 12.57%，L 值为 84.62。

预测值和真实值之间有很好的拟合性，因此，采用响应面分析法优化得到的真空油炸处理参数准确可靠，具有实用参考价值。

如图 12 为油炸得到的产品，该产品的品质参数：脆度值为 450g/s，含水量为 3.4%，水分活度 0.21。



Figure 12. The picture of vacuum processing *Pleurotus eryngii* Chips

图 12. 真空油炸产品实物图

4. 感官评定

根据试验结果确定最佳的处理条件,纵切 2 mm、漂烫 95℃、90 s,护色处理麦芽糊精浓度为 30.67%、柠檬酸 0.59%、L-半胱氨酸 0.18%、D-抗坏血酸 0.11%,真空油炸处理温度 87.71℃、时间 12.79 min、真空度 0.92 MPa;本实验采用常压油炸方式作为对比,实验参数为油炸温度 120℃,时间 8 min,进行对比验证实验,经过处理得到的杏鲍菇脆片进行感官评定。

感官评定小组成员为经过科学严谨的培训,按照国标《GB 7096-2014 食品安全国家标准食用菌及其制品》和《GBT 12310-2012 感官分析成对比较检验》提供的感官评定标准和方法进行评定。

感官评定的每项满分 10 分,总分为 60 分,取每项得分的和为该样品的总分,本实验取得样品量为 60。真空油炸产品感官评定结果如图 13,对色泽、酥脆度、油腻度、风味特性、形状及总体接受度等指标的评分平均值分别为 8.08、7.97、8.38、7.82、8.18、8.37,均在 7.82 以上,评分和为 48.8,说明每个单项感官评分比较高,接受度比较理想;其中总体接受度评分为 8.37,可以说明在大众对该脆片的总体接受度较高。

普通油炸产品感官评价结果如图 13,对色泽、酥脆度、油腻度、风味特性、形状及总体接受度等指标的评分平均值分别为 3.08、6.38、2.60、6.28、6.02、5,数值均低于 6.38,评分和为 29.37,总体接受度不高,与真空油炸工艺处理的产品评分指标都相差较大,说明真空油炸得到的产品更受欢迎。

总样本量为 60,样本的总分为 60,且每个样本的总分在 41~56 之间,平均值为 48.80,样本的误差为 0.3959;样本百分制得分为平均分为 81.33,样品的总分在 68.33~93.33,表明该感官评定稳定性较好,真实可信,可以作为感官预测的指标。

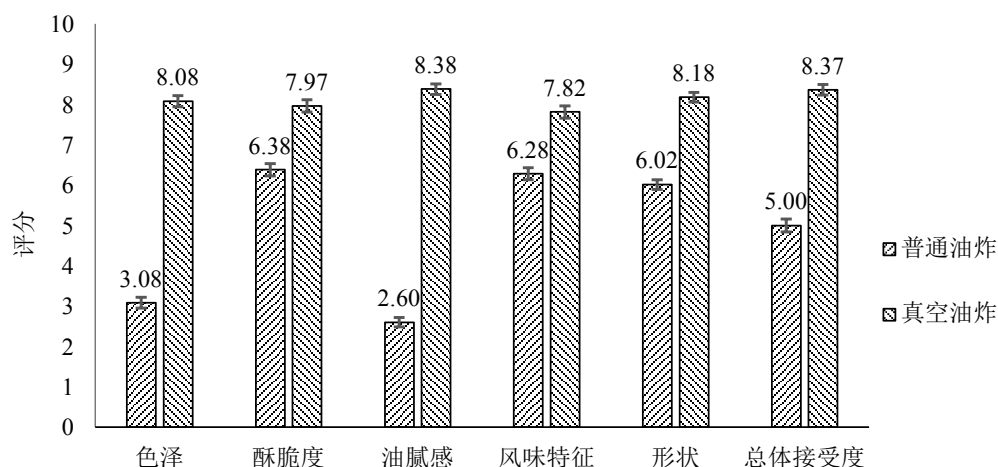


Figure 13. The values of sensory evaluation of vacuum processing and ordinary fried processing
图 13. 真空油炸和普通油炸处理感官评定评分

5. 结论

真空油炸实验设计了真空度、油炸温度、油炸时间三个因素的单因素试验和响应面试验。实验研究发现 L 值与油炸温度成反比关系,油炸温度为 90℃时 L 值最高,为 82.62; L 值与油炸时间成反比关系,当油炸时间在 10 min 时 L 值最高,为 83.83; 含油率与油炸温度成正比关系,当油炸温度为 60℃、70℃时,含油率最低,但含水率较高,不具有干燥特性;含油率油炸时间成正比关系当油炸时间为 10 min 时含油率为 12.87%。通过响应面实验研究发现最优组合为温度 87.71℃、时间 12.79 min、真空度 0.92 MPa。

基金项目

山东省农业重大应用技术创新课题“山东省食用菌精深加工技术研究”:鲁财农指[2014]38。
山东省现代农业产业技术体系食用菌产后加工岗位专家项目:SDAIT-07-08。

参考文献 (References)

- [1] 陈淑梅,陈明月. 真空油炸脱油机设计[J]. 包装与食品机械, 1995(1): 24-27.
- [2] 叶其蓝. 我国果蔬脆片加工产业的发展概况和对策[J]. 食品工业科技, 2008, 29(7): 300-303.
- [3] 阳雨. 国内外果蔬脆片生产技术的发展概况[J]. 食品与机械, 1995(5): 4-6.
- [4] 李伟荣,任爱清,陈国宝. 响应面法优化真空油炸-热风联合干燥桃脆片工艺[J]. 食品科学, 2011, 32(4): 117.
- [5] Shyu, S.-L. and Hwang, L.S. (2001) Effects of Processing Conditions on the Quality of Vacuum Fried Apple Chips. *Food Research International*, **34**, 133-142.
- [6] Gamble, M.H., Rice, P. and Selman, J.D. (1987) Relationship between Oil Uptake and Moisture Loss during Frying of Potato Slices from c.v. Record U.K. Tubers. *International Journal of Food Science and Technology*, **22**, 233-241. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb00483.x>
- [7] Vitrac, O., Dufour, D., Trystram, G. and Raoult-Wack, A.-L. (2002) Characterization of Heat and Mass Transfer during Deep-Frying and Its Effect on Cassava Chip Quality. *Journal of Food Engineering*, **53**, 161-176.
- [8] Baumann, B. and Escher, F. (1995) Mass and Heat Transfer during Deep-Frying of Potato Slices. I. Rate of Drying and Oil Uptake. *Lebensmittel Wissensch and Technologic*, **28**, 395-403. [http://dx.doi.org/10.1016/0023-6438\(95\)90023-3](http://dx.doi.org/10.1016/0023-6438(95)90023-3)
- [9] Reddy, G.V. and Das, H. (1993) Kinetics of Deep-Fat-Frying of Potato and Optimization of Process Variables. *Journal of Food Science*, **30**, 105-108.
- [10] Moreira, R.G., Palau, J., Castell-Perez, M.E., Sweat, V.E. and Gomez, M.I. (1991) Moisture Loss and Oil Absorption during Deep Frying of Tortilla Chips. *International Winter Meeting of the American Society of Agricultural Engineering*, Chicago, American Society of Agricultural Engineers, 1-18.

-
- [11] Sahin, S. (2000) Effects of Frying Parameters on the Color Development of Fried Potatoes. *Europe Food Research Technology*, **211**, 165-168.
- [12] Howard, L.R. and Braswell, D.D. (1996) Chemical Composition and Color of Strained Carrots as Affected by Processing. *Journal of Food Science*, **61**, 327-330. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.1996.tb14187.x>
- [13] Sulaeman, A., Keeler, L., Taylor, S.A., Giraud, D.W. and Driskell, J.A. (2001) Carotenoid Content and Physicochemical and Sensory Characteristics of Carrot Chips Deep-Fried in Different Oils at Several Temperatures. *Journal of Food Science*, **66**, 1257-1264. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15198.x>

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>