

# 均匀设计在腐竹品质优化中的应用

白卫东, 曾晓房, 赵文红, 常铮

(仲恺农业技术学院轻工食品学院, 广东 广州 510225)

**摘要:** 利用均匀实验设计方法, 探讨了腐竹生产过程中多种因素对腐竹品质的影响并优化了生产工艺条件。研究表明: 大豆经浸泡打浆后, 原豆浆浓度稀释至 5.8%, 保持浆液 pH 至 6.80; 保温挑皮过程中控制浆液深度 2.5 cm, 浆温 80 °C, 并于挑皮后期 2/3~1/2 时间段内加入干豆质量 1/30 的亚硫酸氢钠进行护色处理; 然后通风处沥晾 5 min 再送入 45 °C 鼓风干燥箱中烘 7 h, 在此条件下生产的腐竹成品品质最好, 且成品得率较高。

**关键词:** 均匀设计; 腐竹; 腐竹品质

中图分类号: TS214.2; 文献标识码: A; 文章编号: 1673-9078(2007)09-0015-05

## Application of Uniform Design in Optimization of Yuba Quality Control

BAI Wei-dong, ZENG Xiao-fang, ZHAO Wen-hong, CHANG Zheng

(College of Light Industry and Food Science, Zhongkai University of Agricultural and Technology, Guangzhou 510225, China)

**Abstract:** The influences of some factors on the yuba quality were studied and the processing conditions were optimized by uniform design. The results showed that the optimum soymilk concentration, soybean milk depth, the pH value of soymilk and the temperature were 5.8%, 2.5 cm, 6.80 and 80 °C, respectively. Besides, during two thirds to one half of the later period, NaHSO<sub>3</sub> was added with the weight ratio to dried soybean being of 1/30 for the color protection of yuba and then the yuba was dehydrated at 45 °C, for 7 h. Under these optimized conditions, high quality and production rate of yuba were achieved.

**Key words:** uniform design; yuba; yuba quality

腐竹又名豆腐皮、豆腐衣、腐筋, 是中国的传统特色食品之一。研究表明, 腐竹中含蛋白质 55%, 中性脂肪 26%, 生化磷脂 2% 左右, 特别是其中的蛋白质人体吸收率接近 100%<sup>[1]</sup>, 营养丰富。近年来, 随着现代营养学知识的传播与普及, 这一类特色食品日益受到大众的青睞, 需求量不断扩大, 并在国际食品界享有一定的声誉。

腐竹品质优劣的判别, 以其口感、形态、质构、特别是色泽作为重要衡量指标。因此, 生产时, 往往把“护色防褐变”作为控制要点, 力求增加白度和鲜度, 使产品更具市场竞争力<sup>[2]</sup>。虽然大多数企业使用的是国家允许范围内的食品添加剂(漂白剂), 但仍有相当数量的加工户为提高成品率, 改善外观, 使用工业漂白剂“吊白块”—甲醛次硫酸氢钠这一有毒化学药品<sup>[3-4]</sup>, 不仅危害了消费者的身体健康, 而且给腐竹加工带来了不小的负面影响和冲击。目前, 国内在腐竹护色技术及机理方面虽有文献报道<sup>[5]</sup>, 但在保证较高成

品率的同时控制产品品质方面的研究却鲜有报道。本文采用均匀设计方法, 对影响腐竹成品品质的因素进行深入分析, 控制腐竹生产条件, 在保证成品率的同时, 使腐竹成品品质得到优化, 以为腐竹加工提供有意义的指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 实验材料与设备

#### 1.1.1 实验材料

大豆: 市场购买。

试剂: 碳酸氢钠、亚硫酸氢钠、食用消泡剂(单甘酯、轻质碳酸钙、硅油、磷脂等)、葡萄糖、3,5-二硝基水杨酸均为市售分析纯。

#### 1.1.2 实验设备

不锈钢成型槽(自制); 100 目滤袋; HHS 型电子恒温水浴锅(北京中兴伟业仪器有限公司); 数显鼓风干燥箱(上海博迅实业有限公司医疗设备厂); G05003 型打浆机; 胶体磨; 阿贝折光仪; 722 光栅分光光度计等仪器。

### 1.2 实验方法

收稿日期: 2007-05-16

基金项目: 广东省科技攻关项目(2004B20401003)

作者简介: 白卫东(1967-), 男, 教授, 研究方向为食品加工与分析

## 1.2.1 工艺流程

原料→选料→清洗→浸泡→脱皮→磨浆→过滤→煮浆→保温揭竹(挑皮)→凉竹(晾竹)→烘干→回软→成品检验与分析

## 1.2.2 实验设计

## 1.2.2.1 单因素实验设计及确定

在前期预实验的基础上,确定影响腐竹品质的主要因素有:豆浆液浓度、浆液酸碱度、浆液温度、浆液深度和护色剂的添加量。考察这些因素所起的关键作用,确定每个因素对腐竹成品品质以及成品率的影

响。

1.2.2.2 均匀实验设计及确定<sup>[6]</sup>

根据在单因素实验中确定的各因素适宜范围,依照均匀实验表的具体要求进行实验因素分配和设计,通过直观分析和回归分析两种结果表述分析方法,确定腐竹的最优生产工艺条件。

## 1.2.3 成品品质评价标准

综合考虑腐竹成品品质和产率,结合相关经验制定品质评价标准如表1所示。

表1 腐竹成品品质评价标准

感官指标	评价	评分/分	
色泽 (30分)	颜色鲜亮淡黄,有自然油质光泽	30	
	颜色较一等品稍差,为浅色亮黄或泛洁白、清白色,有一定光泽	20~29	
	颜色较深,色泽较暗,基本无光泽	15~19	
	颜色呈现灰黄色、深黄色或褐黄色,色彩暗且无光泽	15以下	
形态 (20分)	枝条均匀,形态完整,质脆易折,有空心,无杂质,无浆泡	16~20	
	枝条均匀,但有较多折断的碎块或枝条,稍有空心,无杂质,无浆泡	11~15	
	应成条状,多为实心条,有一定浆泡或杂质	10以下	
气味 (20分)	有清新浓郁的大豆香味,无异味	16~20	
	有一定的自然大豆香味,有少许不良气味	11~15	
	无大豆香味,不良气味(异味)较重	10以下	
综合指标	产率(15分)	根据实验测定的产量,将其由高至低依次分级,并给予相应分数	9~15
	成膜速度(15分)	根据实验测定的速率,将其由快至慢依次分级,并给予相应分数	9~15

注:90分以上为优秀品;80~89分为良好品;70~79分为一般;60~69分为及格品;60分以下为不及格品

## 1.2.4 实验测定方法

蛋白质(粗)含量的测定,采用凯式定氮法<sup>[7]</sup>;水分含量的测定,采用直接干燥法<sup>[7]</sup>;总糖含量的测定,采用3,5-二硝基水杨酸比色定糖法<sup>[7]</sup>;平均产率及成膜速度的计算,采用文献<sup>[8]</sup>计算方法进行。

## 2 结果与分析

## 2.1 腐竹品质优化单因素实验

## 2.1.1 浆液浓度对腐竹品质的影响

腐竹薄膜的形成是变性蛋白质分子聚合的结果。因此,豆浆液的浓度(质量分数)对腐竹的品质影响较大。结果表明,浓度低于6%时,所得产品外表淡黄鲜亮,油滑有光泽,质地细腻、韧性和弹性也较好;而浓度大于7%时,分散体系反应加快,颜色变化突出,且质地变软;但若浓度太低( $\leq 5\%$ ),虽然前期腐竹成色良好,由于挑皮时间的延长,后1/2加工期出产的制品颜色褐黄,也会影响一级腐竹的所占比率。而从腐竹产率和成膜速度来看(图1),随着豆浆液浓

度的提高,产率和成膜速度增加较快,当浓度达6%左右时,产率和成膜获得峰值;随后,两者变换为反比关系,腐竹产率和成膜速度逐渐下降。因而综合考虑,适宜的豆浆液浓度范围是5.5%~6.5%。

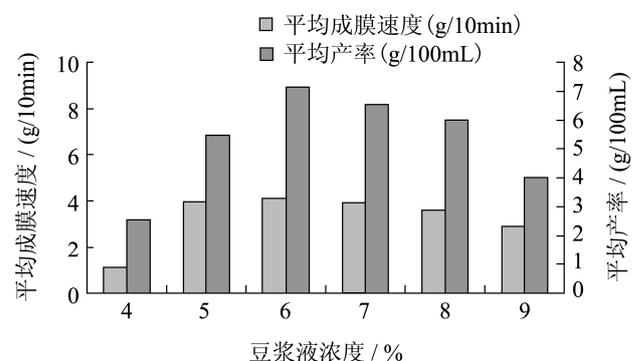


图1 浆液浓度对腐竹生产的影响

## 2.1.2 浆液 pH 值对腐竹品质的影响

在腐竹各加工环节中,浆液 pH 值会依工艺条件发生变化<sup>[9]</sup>,从而影响整个体系的稳定性。因而实际生产中,通常用少量碱盐(一般用  $\text{NaHCO}_3$ ,即小苏

打)对浆液 pH 值进行调节控制。实验表明, pH 对成品的品质影响较大。随着 pH 值升高, 褐变现象也逐步显现, 特别是 pH 值大于 7.5 时, 成品腐竹色深、发黑现象较为严重, 这与豆浆的 pH 值呈碱性时, 豆浆中含硫氨基酸破坏引起的美拉德反应加快有关<sup>[10]</sup>。而从腐竹产率和成膜速度来看(图 2), 在一定 pH 范围内 (pH<7.5 时), 浆液的 pH 值与腐竹形成速度和产率基本呈正相关, 不过随着 pH 继续升高, 大豆蛋白逐渐变得增溶或逐渐离解为大豆蛋白分子次级结构<sup>[9]</sup>, 从而干扰腐竹薄膜的形成。因而适宜的浆液 pH 值范围为 6.5~7.5。

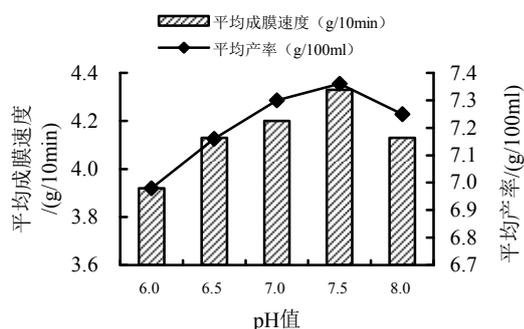


图2 浆液 pH 值对腐竹生产的影响

### 2.1.3 浆液温度对腐竹品质的影响

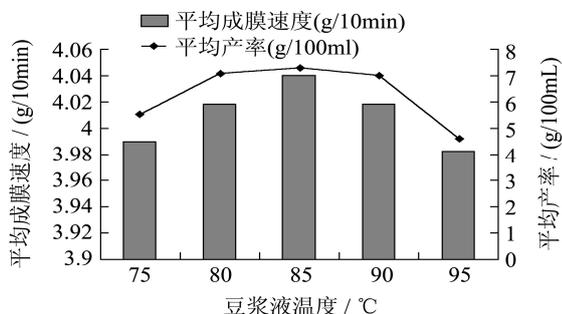


图3 浆液温度对腐竹生产的影响

在腐竹生产过程中, 加热不仅可使大豆蛋白的变性程度加快, 而且有助于蛋白质分子之间的相互聚合<sup>[9]</sup>, 从而有利于腐竹薄膜的形成。研究发现, 当浆液温度低于 70 °C 时, 腐竹的形成速度过低, 甚至无法形成; 而且, 成膜速度过低而使浆液长时间保持在高温下, 会促进糖类和蛋白质发生褐变而生成类黑精物质, 使制品颜色变差, 降低腐竹的品质; 而升至 90 °C 以上后, 浆液逐渐处于微沸状态, 膜边及锅底易起锅巴, 形成的腐竹颜色为深黄褐色, 有较多“鱼眼”, 产品品

质降低。而从腐竹产率和成膜速度来看(图 3), 温度过高或过低都不利于腐竹薄膜的形成。因而从试验结果可知, 80~90 °C 是腐竹生产的适宜温度范围。

### 2.1.4 浆液深度对腐竹品质的影响

腐竹的品质特别是外观色泽的优劣在很大程度上取决于挑皮时浆液深度的高低。

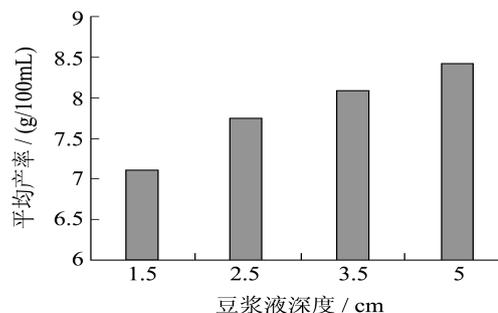


图4 浆液深度对腐竹生产的影响

从图 4 可知, 当浆液深度超过 3.5 cm, 产率增幅已有所减少, 成膜速度也逐步下降。不仅如此, 在浆液深度为 3.5 cm 时, 由于消耗时间较长, 后期褐变现象较为严重; 而当浆液深度控制在 2.5 cm 处, 腐竹产率和成膜速度较高, 同时成品品质也较好。因而选择 1.5~3.5 cm 作为浆液深度的因素范围进一步优化。

### 2.1.5 护色剂的添加与定量

由于腐竹挑皮后期中褐变程度加深, 常常导致产品不能保留原来鲜黄亮丽的颜色<sup>[5]</sup>, 为消除或减少这种现象的发生, 因而腐竹生产中常使用漂白剂。本实验所选用的护色剂为  $\text{NaHSO}_3$ , 它对加工中腐竹色泽改变和形成速度都具有一定影响。从护色效果来说(表 2),  $\text{NaHSO}_3$  的添加对产品的品质改变具有明显的作用。从表 2 可明显看出, 未添加  $\text{NaHSO}_3$  的样品, 挑皮后期腐竹色泽迅速由亮黄转变为黄色, 乃至深黄; 添加少量  $\text{NaHSO}_3$  的样品, 作用不太明显, 护色时间不持久, 对腐竹外观颜色提高作用并不大; 而超过 1/30 干豆质量后, 对腐竹成品的护色效果较好。但从腐竹产率和成膜速度来看, 添加  $\text{NaHSO}_3$  会在一定程度上影响腐竹的形成, 特别是添加量较大时, 浆液会出现大量气泡, 并带有强烈的  $\text{H}_2\text{S}$  气味, 在此条件下形成的湿腐竹缺乏弹性和韧性、松散, 易折断, 同时影响后期成膜的效果。因而综合考虑, 选择  $\text{NaHSO}_3$  的添加量为干豆的 1/30 为宜。

表 2 护色剂对腐竹产品品质的影响

亚硫酸氢钠:干豆(g/g)	成膜速度变化	浆液变化	浆液颜色变化	腐竹外观形态
不添加	成膜速度随时间延长而逐渐减慢	浆液黏度逐渐增加	浆液由浅至深发生变化	成膜较有韧、弹性, 厚薄适中
1:45	成膜速度与前基本保持一致, 略有减慢, 但无明显变化	浆液基本无气泡产生, 无不良气味, 有浓郁的大豆香味	(同上)	薄膜变化不甚突出, 维持较好的成膜效果, 但颜色维持时间短, 并无明显作用
1:30	成膜速度较前稍有减慢	浆液仅有少量气泡产生, 有豆香味存留, 但有少许硫化氢气味	浆液有亮黄恢复至淡黄色, 且维持时间较长	成膜较为褶皱, 厚薄适中, 韧性和弹性较未添加前稍弱, 但不易断裂
1:15	成膜速度明显减慢, 后期成膜困难	浆液有大量气泡产生, 豆香味消失, 有强烈的硫化氢气味	(同上)	成膜较褶皱, 稍薄, 韧性和弹性较低, 搭晾时容易断裂

2.1.6 干燥条件对腐竹品质的影响

表 3 干燥条件对腐竹品质的影响

干燥条件	腐竹外观形态
35 °C, 12 h	土黄色, 无光泽, 制品表面发暗, 具浓郁大豆香味
40 °C, 10 h	淡黄色, 无光泽, 制品表面发暗, 具浓郁大豆香味
45 °C, 7 h	淡黄色, 自然光泽, 表面油亮, 具浓郁大豆香味
50 °C, 5.5 h	亮黄色, 自然光泽, 稍有焦竹现象, 具浓郁大豆香味
55 °C, 4.5 h	金黄色, 有光泽, 有明显焦竹现象和少许不良气味

腐竹制作中, 干燥是必不可少的一步。从表 3 可以看出, 当温度低于 40 °C 时, 产品品质较差; 当温度高于 45 °C, 腐竹表面开始形成黄色油润薄膜, 产品品质较好; 而温度升至 50 °C 之后, 制品表面光亮度进一步增强, 但部分制品—特别是两端易出现焦黄, 并跟随温度的升高而越发明显。此外, 从固色角度而言, 温度越低, 腐竹颜色越浅, 温度越高, 则呈色作用就越突出。所以, 从试验结果得, 将 40~50 °C 定为较理想的烘干温度。

2.2 均匀实验结果与分析

2.2.1 均匀试验表头设计

均匀设计是处理多因素多水平试验设计的首选方法, 它比正交设计更快速、更方便<sup>[1]</sup>, 可用较少的试验次数, 完成复杂的科研课题开发和研究。腐竹生产过程中, 腐竹品质受多种因素的影响, 从上述单因素实验已确定的因素及水平, 由均匀设计软件包得实验方案, 根据实验方案进行实验, 设计因素水平表如 4 所示。

2.2.2 腐竹成品品质优化结果

2.2.2.1 感官评价与总体评价

根据上述方案安排实验, 将实验所得的产品由具备一定经验的 10 人鉴评小组依次进行感官评价, 然后根据 10 位评委所给的平均分, 将所得分数填在试验结

果栏内。再结合实验测定的产率和平均成膜速度, 分别进行最后评分。腐竹品质均匀实验结果和实验回归分析结果如表 5 和表 6 所示。

表 4 腐竹品质优化均匀设计因素水平表

水平	因素				
	X <sub>1</sub> (浓度/%)	X <sub>2</sub> (pH)	X <sub>3</sub> (深度/cm)	X <sub>4</sub> (温度/°C)	X <sub>5</sub> (干燥条件)
1	5.8	6.40	1.5	80	40 °C, 10 h
2	6.1	6.80	2.5	85	45 °C, 7 h
3	6.4	7.20	3.5	90	50 °C, 5.5 h

表 5 试验结果分析

试验号	因素					Y(得分/分)
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	
(1)	1	1	2	2	3	73
(2)	1	2	3	1	3	72
(3)	1	2	1	2	2	93
(4)	2	3	3	1	2	85
(5)	2	1	1	3	2	81
(6)	2	1	2	1	1	80
(7)	3	2	1	3	1	79
(8)	3	3	2	2	1	83
(9)	3	3	3	1	3	76

表 6 腐竹生产试验回归分析结果

变量	常数	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
回归系数	246.068	-46.52	-0.51	5.05	36.77	-23.25

由表 6 可得回归方程为:

$$y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_4X_4 + b_5X_5 = 246.068 - 46.52X_1 - 0.51X_2 + 5.05X_3 + 36.77X_4 - 23.25X_5$$

$$SS_R = 317.165, df_R = 5$$

$$SS_T = SS_y - SS_R = 16.391, df_T = n - m - 1 = 3$$

$$\text{经 F 检验, } F = \frac{SS_R/df_R}{SS_r/df_r} = 11.610 > F_{0.05(5,3)} = 9.01$$

回归方程显著。

因此得知,第3号试验的试验指标(呈色效果及总体效果评分)最好,这一试验对应的条件即为最优工艺条件。

### 2.2.2.2 腐竹品质分析结果

按照上述优化条件进行生产,对所得的产品成分进行分析,结果为:蛋白质含量为46.42%、水分含量为7.78%、总糖含量为14.96%,此时腐竹得率达到63.20%。腐竹外观色泽淡黄,有光泽,枝条均匀,有空心,无杂质,具大豆特有浓郁香味,无任何异味。腐竹浸泡后复水性好,有一定韧、弹性,柔软而不易断。

## 3 结论

3.1 通过研究表明,腐竹的成品品质受豆浆浓度、酸碱度、温度、浆深等多种因素的影响,在生产过程中所发生的褐变作用乃是以上各因素共同作用所致,而解决腐竹制作时褐变问题发生关键是对工艺条件进行严格控制。

3.2 从试验得知,要使腐竹具备良好的成品品质且保持较高得率,其工艺优化条件为:大豆经浸泡打浆后,得到的原豆浆浓度稀释调至5.8%,同时加入少量的小苏打,使浆液酸碱度约为pH=6.80;保温挑皮过程中浆深控制在2.5 cm,浆温为80℃,并于挑皮后期

2/3~1/2 时间段内加入干豆质量 1/30 的亚硫酸氢钠进行护色处理;所得的湿态腐竹于通风处沥晾 5 min 再送入 45℃ 鼓风干燥箱中烘 7 h。

## 参考文献

- [1] Liu Keshun. Soybeans-Chemistry, Technology, and Utilisation[M]. New York (USA): Chapman and Hall, 1997
- [2] 余中元.腐竹生产经营卫生监督面临的问题与对策[J].广西预防医学,2001,7(增刊):99-100
- [3] 李特里.传统大豆制品的挑战与机遇[J].中国食品营养,2003,(3):4-5
- [4] 任广鸣.国内外腐竹生产工艺概况[J].食品科学,1989,(5):44-46
- [5] 白卫东,王琴,李国富.腐竹护色工艺的机理研究[J].食品科技,2004,(2):29-31
- [6] 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,2003,(2):369-383
- [7] 大连轻工学院合编.食品分析[M].北京:中国轻工业出版社,1994
- [8] 韩智,石谷孝佑,李再贵.不同豆浆浓度和浆液深度对腐竹生产的影响[J].农业工程学报,2005,(11):179-181
- [9] 邓瑞君,徐荣雄.影响腐竹形成的因素讨论[J].中国调味品,1999,(2):19-20
- [10] 崔春,赵谋明,赵强忠.腐竹揭皮过程中理化参数变化趋势研究[J].现代食品科技,2007,23(3):11-13
- [11] 曾云龙.均匀设计在制药工艺考察中的应用[J].数理医药学杂志,1999,12(1):73-74

## 如何辨别猪肉好坏

如何辨别猪肉好坏?首先是看颜色。好的猪肉颜色呈淡红或者鲜红,不安全的猪肉颜色往往是深红色或者紫红色。猪脂肪层厚度适宜(一般应占总量的33%左右)且是洁白色,没有黄膘色,在肉尸上盖有检验章的为健康猪肉。此外,还可以通过烧煮的办法鉴别,不好的猪肉放到锅里一烧水分很多,没有猪肉的清香味,汤里也没有薄薄的脂肪层,再用嘴一咬肉很硬,肌纤维粗。

鲜猪肉皮肤呈乳白色,脂肪洁白且有光泽。肌肉呈均匀红色,表面微干或稍湿,但不粘手,弹性好,指压凹陷立即复原,具有猪肉固有的鲜、香气味。正常冻肉呈坚实感,解冻后肌肉色泽、气味、含水量等均正常无异味。

而饲料所致的劣质肉有废水或药等气味;病理所致的有油脂、粪臭、腐败、怪甜等气味。种用母猪肌肉较红,结缔组织多,韧性大,不易煮烂或炒熟,口感差。

注水肉呈灰白色或淡灰、淡绿色,肉表面有水渗出,手指触摸肉表面不粘手。冻猪肉解冻后有大量淡红色血水流。此外,死猪肉胴体皮肤淤血呈紫红色,脂肪灰红,血管有黑色凝块,因死亡时间长短不同臭味也不同。