

玉米蛋白粉取代部分豆粕制曲酿造酱油

张雁凌¹, 任保国¹, 王大为^{2,*}

(1. 吉林工程技术师范学院食品工程学院, 吉林 长春 130052;

2. 吉林农业大学食品科学与工程学院, 吉林 长春 130118)

摘 要: 以玉米蛋白粉为主, 豆粕为辅, 采用固态低盐发酵工艺生产酱油, 以氨基酸态氮含量为考察指标, 通过单因素及正交试验筛选出最佳工艺条件。当玉米蛋白粉与豆粕的质量比为 4:2(g/g)、食盐水浓度为 12°Bé、酱醅含水量 60%、发酵温度 50℃ 时, 酿制的酱油(头油)氨基酸态氮含量为 0.8375g/100mL, 酱油收率 326%, 酱香浓郁、风味独特、品质优良。

关键词: 固态低盐发酵; 玉米蛋白粉; 酱油

Partial Substitution of Soybean Cake Meal by Corn Gluten Meal to Soy Sauce

ZHANG Yan-ling¹, REN Bao-guo¹, WANG Da-wei^{2,*}

(1. College of Food Engineering, Jilin Teachers' Institute of Engineering and Technology, Changchun 130052, China;

2. College of Food Science and Engineering, Jilin Agricultural University, Changchun 130118, China)

Abstract: In the present work, low-salt solid-state fermentation was carried out to produce soy sauce using corn gluten as the main material and soybean meal as the auxiliary material. The optimal process conditions for achieving maximum amino nitrogen content were determined by one-factor-at-a-time and orthogonal array design methods to be 4:2 ratio of main to auxiliary materials, 12°Bé salinity, 60% moisture content in soy sauce mash, and 50 °C fermentation temperature. Under the optimal conditions, the amino nitrogen content in soy sauce was 0.8375 g/100 mL and the yield of soy sauce with strong and unique flavor and excellent quality 326%.

Key words: low-salt solid-state fermentation; corn gluten meal; soy sauce

中图分类号: TS264.2

文献标识码: B

文章编号: 1002-6630(2011)18-0348-04

玉米是世界上三大粮食作物之一, 近年来我国玉米年产量平均 1.6 亿吨左右^[1], 成为重要的粮食、化工原料, 尤其是淀粉的生产, 主要来源于玉米, 但同时产生大量的非淀粉副产物。国内湿法玉米淀粉生产企业 600 多家, 生产量占全国各种淀粉产量的 80%, 玉米蛋白资源量约 21 万吨, 目前主要用做饲料或自然排放, 既浪费了宝贵的粮食资源, 又造成对环境的严重污染^[2]。玉米蛋白粉蛋白质含量 60% 以上, 其余约为 20% 的淀粉和 13% 的纤维素及少量酯类、玉米黄素、叶黄素等。由于食味差, 颜色暗黄, 有强烈刺激性气味, 且主要为不溶性的醇溶蛋白, 在食品加工中的应用几乎空白^[3-4]。酱油是以大豆或豆粕等蛋白质原料为主, 以小麦或麸皮等淀粉质为辅, 采用一定的发酵工艺酿制而成^[5], 酱油营养丰富, 是食品加工及人们的日常生活不可缺少的调

味佳品^[6]。固态低盐工艺大大缩短了酱油的发酵时间, 降低企业的生产成本^[7-8], 是较常用的酱油生产方法。本研究以玉米蛋白粉代替部分豆粕生产酱油, 产品风味优良, 不仅可降低原料成本, 而且可为玉米蛋白质资源的高值化利用提供新途径。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

玉米蛋白粉 长春大成新资源集团有限公司; 豆粕 长春盛大粮油工业有限公司; 面粉 长春市第一面粉厂; 食盐 中盐吉林盐业有限公司; DX-02 型米曲精 石家庄市鼎鑫酿造食品科学研究所。

1.2 仪器与设备

GB1302 型电子精密天平 瑞士梅特勒-托利多仪器

收稿日期: 2011-05-10

基金项目: 国家“863”计划项目(2011AA100805)

作者简介: 张雁凌(1974—), 女, 讲师, 硕士, 研究方向为粮油精深加工与开发。E-mail: zhangyanling12345@126.com

* 通信作者: 王大为(1960—), 男, 教授, 博士, 研究方向为粮食、油脂与植物蛋白工程。E-mail: xcpyfzx@163.com

有限公司; SKP-01 型电热恒温培养箱 湖北省黄石市医疗器械厂; SH10A 快速水分测定仪 上海恒平科学仪器有限公司; PHS-3BW 电脑数显酸度计 上海理达仪器有限公司; KDN-103F 型定氮仪 上海纤检仪器有限公司; BIOTECH-5BG 型自动磁力搅拌发酵罐 上海保兴生物设备工程有限公司。

1.3 方法

1.3.1 酱油酿造工艺流程

玉米蛋白粉→粉碎

↓
豆粕→粉碎→混合→润水→蒸熟→冷却→接种→制曲→发酵
→淋油→成品 ↑ ↑
麸皮 加热←水

1.3.2 操作要点

原料处理: 玉米蛋白粉、豆粕粉碎、筛分, 颗粒粒度 2~3mm 为宜, 按一定比例混合、润水, 加水量以蒸熟后曲料水分达到 47%~50% 为标准, 再加入麸皮混匀蒸料。

制曲: 熟料冷却到 45℃ 以下, 将 4% 面粉, 0.04% 的米曲精菌种混合均匀拌入。移入灭菌后的曲盘内摊平, 曲料松散均匀, 厚度 2cm。培养箱温度 25~28℃, 相对湿度 ≥ 85%, 制曲过程中每 4h 测一次盘温, 每 12h 翻一次曲, 曲料品温最高不超过 35℃, 孢子生长初期, 产酶最旺盛, 品温控制在 30~32℃^[9]。当曲料手感疏松柔软, 有弹性, 菌丝丰富, 孢子饱满, 呈黄绿色, 无异味, 有成曲特有的香气时即为成曲。

发酵: 成曲加 12~13℃ 的热盐水拌匀, 入发酵罐, 酱醅含水量为 50%~60%, 品温 45~55℃, 维持 15~20d, 当酱醅红褐色、有光泽、咸味适中, 滋味鲜美、酱香浓郁, 无异味; 质地柔软、松散、无黏结时, 即为成熟酱醅^[10]。

淋油: 本研究中第一次发酵得到的酱醅加热至 70~75℃ 压滤得到头油; 产生的头渣用 12℃ 的 70~75℃ 盐水浸泡 10h 淋油, 得到二油, 盐水用量为酱醅质量的 3 倍; 产生的二渣用清水浸泡 4h 淋油, 得到三油, 用水量为酱醅质量的 3 倍。第一次发酵得到的二油、三油不作为终端产品, 将其用于第二次发酵所得酱醅的淋油操作。第二次发酵得到的酱醅采用“三套淋油法”淋油, 浸泡时间第 1 次 18~20h 左右, 以后分别为 10、4h^[11]。以头油作为终端产品进行品质检验。

1.3.3 对氨基酸态氮含量影响的单因素试验设计

1.3.3.1 玉米蛋白粉与豆粕的质量比对氨基酸态氮含量的影响

在食盐水浓度 12℃、酱醅含水量 60%、发酵温度 50℃ 的条件下, 研究玉米蛋白粉与豆粕比分别为 1:5、2:4、3:3、4:2、5:1(g/g) 时, 对酱油氨基酸态氮含量的影响。

1.3.3.2 食盐水浓度对氨基酸态氮含量的影响

在玉米蛋白粉与豆粕比为 3:3(g/g)、酱醅含水量

60%、发酵温度 50℃ 的条件下, 研究食盐水浓度分别为 8、10、12、14、16℃ 时对酱油氨基酸态氮含量的影响。

1.3.3.3 酱醅含水量对氨基酸态氮含量的影响

在玉米蛋白粉与豆粕比(g/g)为 3:3、食盐水浓度 12℃、发酵温度 50℃ 的条件下, 酱醅含水量分别为 45%、50%、55%、60%、65% 时, 对酱油氨基酸态氮含量的影响。

1.3.3.4 发酵温度对氨基酸态氮含量的影响

在玉米蛋白粉与豆粕比(g/g)为 3:3、酱醅含水量为 60%、食盐水浓度 12℃ 条件下, 研究发酵温度分别 40、45、50、55、60℃ 时, 对酱油氨基酸态氮含量的影响。

1.3.4 正交试验设计

根据单因素试验结果, 确定正交试验各因素的水平。影响酱油的成品质量的主要因素为玉米蛋白粉豆粕比(g/g)、食盐水浓度、酱醅含水量、发酵温度, 以氨基酸态氮含量为考核指标, 采用 L₉(3⁴) 正交试验筛选出最佳生产工艺条件, 因素水平设计见表 1。

表 1 玉米蛋白粉酿造酱油工艺优化正交试验因素与水平
Table 1 Factors and levels in orthogonal array design

水平	因素			
	A 玉米蛋白粉与 豆粕比(g/g)	B 食盐水浓 度/℃	C 酱醅含 水量/%	D 发酵 温度/℃
1	2:4	12	50	45
2	3:3	14	55	50
3	4:2	16	60	55

1.3.5 检测方法

1.3.5.1 成分检测

全氮含量及氨基酸态氮含量: 参照 GB 18186—2000 《酿造酱油》规定方法; 总酸: 参照 GB/T 12456—90 《食品中总酸的测定方法》。

1.3.5.2 蛋白酶活力测定

蛋白酶活力: 参照 SB/T 10317—1999 《蛋白酶活力测定法》, 酿造酱油时在制品菌种、制曲的蛋白酶活力测定中的测定方法。

1.3.5.3 酱油收率计算

$$\text{酱油收率}/\% = \frac{\text{实际酱油产量}}{\text{混合原料质量}} \times 100$$

2 结果与分析

2.1 原料配比不同对成曲酶活力影响

制曲的其他条件不变, 考察不同原料比对蛋白酶活力的影响。由图 1 可知, 玉米蛋白粉与豆粕的质量比越大, 蛋白酶活力越高, 当玉米蛋白粉与豆粕比例为 4:2 时蛋白酶活力达到高峰, 达到了 1132U/g。这说明制曲原料中蛋白质的含量对米曲霉产酶影响较大, 这可

能因为氮含量增加有利于菌丝生长粗壮浓厚,而当玉米蛋白粉与豆粕比例继续增加,蛋白酶活力下降。这说明原料比例不当,氮含量过高影响菌体按比例吸收营养物质,从而影响菌体的生长繁殖及米曲霉的代谢,蛋白酶活力下降。

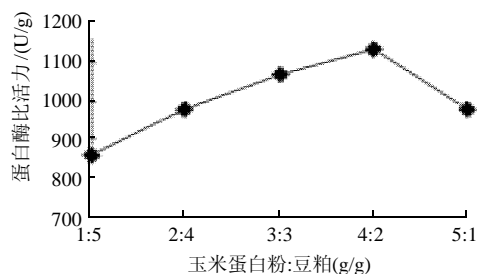


图1 不同玉米蛋白粉与豆粕比对蛋白酶活力的影响

Fig.1 Effect of corn gluten meal-to-soybean meal ratio on protease activity

2.2 单因素试验分析

2.2.1 玉米蛋白粉与豆粕质量比对氨基酸态氮含量的影响

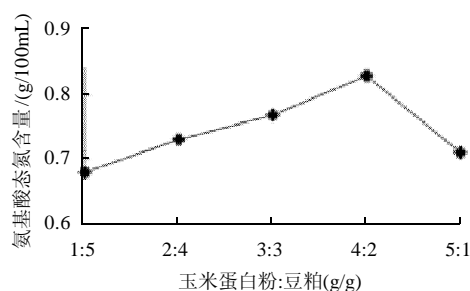


图2 玉米蛋白粉与豆粕质量比对氨基酸态氮含量的影响

Fig.2 Effect of corn gluten meal-to-soybean meal ratio on amino nitrogen content in final products

酱油中以氨基酸形式存在的氮称为氨基酸态氮,酱油中总氨基酸含量与之呈正比,是衡量酱油品质优劣的关键指标,其含量越高,酱油的品质越好,味道越鲜美^[12-15]。由图2可以看出,在其他条件不变的情况下,随玉米蛋白粉用量的增加,氨基酸态氮含量在1:5~4:2之间平稳增加,说明此区间原料中蛋白质利用率较高;4:2~5:1之间明显下降,说明原料中的蛋白质未完全发酵分解生成氨基酸,故选取质量比为2:4、3:3、4:2作为研究水平。

2.2.2 食盐水浓度对氨基酸态氮含量的影响

食盐能抑制杂菌的繁殖,防止酱醅腐败,但却抑制蛋白酶的活性。由图3可以看出,在其他条件不变的情况下,氨基酸态氮含量在8~12 $^{\circ}$ Be之间平稳增加,说明食盐水浓度在12 $^{\circ}$ Be以下时,对酶活力抑制影响较小。在12~16 $^{\circ}$ Be之间氨基酸态氮含量明显下降,说明食盐水浓度在12 $^{\circ}$ Be以上时,酶活力降低,蛋白质水解率较低。

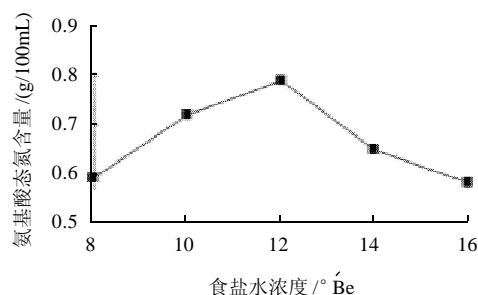


图3 食盐水浓度对氨基酸态氮含量的影响

Fig.3 Effect of salinity on amino nitrogen content in final products

2.2.3 酱醅含水量对酱油氨基酸态氮含量的影响

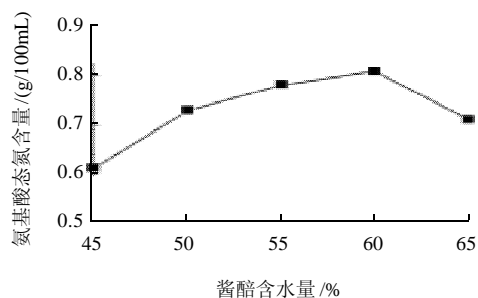


图4 酱醅含水量对氨基酸态氮含量的影响

Fig.4 Effect of water content of sauce mash on amino nitrogen content in final products

酱醅含水量增加,有利于蛋白质分子的溶出和酶分子扩散,增加酶与底物接触的机会,加速蛋白质水解进程,提高氨基酸的生成量。含水量过大,酶浓度相对减少,底物分解不完全,全氮利用率下降,影响氨基酸态氮含量。从图4可以看出,水分含量在45%~60%之间时氨基酸态氮含量平稳增加,60%以后开始下降,酱醅含水量60%时氨基酸态氮含量最高。

2.2.4 发酵温度对酱油氨基酸态氮含量的影响

发酵温度对酿造酱油是一个极为重要的技术参数。酶的化学本质是蛋白质,具有蛋白质的结构和特性,随着温度的升高,酶受到的破坏程度变大,蛋白质经发酵分解生成的氨基酸量减少^[16]。由图5可以看出,随着温度的升高,在40~50 $^{\circ}$ C之间氨基酸态氮含量平稳上升,说明发酵温度适于酶促反应的顺利进行。温度过高,酶被钝化,酶活力受到严重抑制,蛋白质发酵分解不完全,氨基酸态氮含量减小,在50~60 $^{\circ}$ C之间时,氨基酸态氮含量大幅度下降。

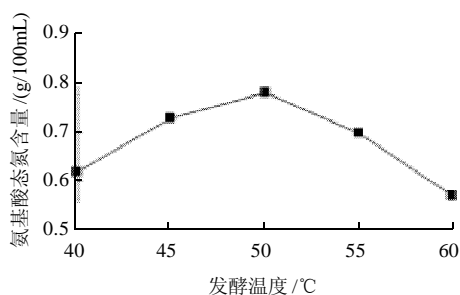


图5 发酵温度对氨基酸态氮含量的影响

Fig.5 Effect of fermentation temperature on amino nitrogen content in final products

2.4 正交试验

表2 玉米蛋白粉酿造酱油工艺优化正交试验设计与结果

Table 2 Orthogonal array design and corresponding experimental results

试验号	A	B	C	D	氨基酸态氮含量/(g/100mL)
1	1	1	1	1	0.6347
2	1	2	2	2	0.6573
3	1	3	3	3	0.6436
4	2	1	2	3	0.7024
5	2	2	3	1	0.7125
6	2	3	1	2	0.6149
7	3	1	3	2	0.8375
8	3	2	1	3	0.7423
9	3	3	2	1	0.6915
K_1	1.9356	2.1746	1.9919	2.0387	$T=6.236$
K_2	2.0298	2.1121	2.0512	2.1097	
K_3	2.2713	1.9500	2.1936	2.0883	
k_1	0.6452	0.7249	0.6639	0.6796	
k_2	0.6766	0.7040	0.6837	0.7032	
k_3	0.7571	0.6500	0.6837	0.6961	
R	0.1119	0.0749	0.0673	0.0236	

在单因素试验的基础上采用四因素三水平正交试验优化生产工艺条件。由表2极差可知,玉米蛋白粉与豆粕质量比是影响酱油氨基酸态氮含量的主要因素,各因素对氨基酸态氮含量影响强弱次序为玉米蛋白粉与豆粕质量比>食盐水浓度>酱醅含水量>温度。方差分析表明,玉米蛋白粉与豆粕质量比的 $F > F_{0.01(2,2)}=99.00$,说明玉米蛋白粉与豆粕质量比对酱油氨基酸态氮含量的影响达到显著水平。各因素水平的优化组合为 $A_3B_1C_3D_2$,即玉米蛋白粉:豆粕4:2(g/g)、食盐水浓度12°Bé、酱醅含水量60%、发酵温度50℃。此条件下酱油收率为326%。

表3 正交试验结果方差分析

Table 3 Variance analysis of orthogonal array experimental results

变异来源	变差	自由度	均方	F值	显著性
玉米蛋白粉与豆粕质量比	0.0200	2	0.0100	1000.00	显著
食盐水浓度	0.0090	2	0.0045	45.00	不显著
酱醅含水量	0.0069	2	0.0035	34.50	不显著
发酵温度	0.0009	2	0.0005	4.50	不显著
误差	0.0002	2	0.0001	不显著	不显著
$F_{0.01(2,2)}=99.00$					

2.4 产品理化成分检测

以玉米蛋白粉为主要原料酿造酱油,颜色红褐色,酱香浓郁,鲜咸适口。经检测头油氨基酸态氮含量0.8375g/100mL,全氮1.67g/100mL,总酸1.85g/100mL。

3 结 论

正交试验结果显示,利用玉米蛋白粉取代部分豆粕制曲酿造酱油,影响氨基酸态氮含量的因素强弱次序为玉米蛋白粉与豆粕质量比>食盐水浓度>酱醅含水量>发酵温度,其中玉米蛋白粉与豆粕质量比的影响达到显著水平。

玉米蛋白粉酿造酱油时最佳工艺条件为玉米蛋白粉:豆粕4:2(g/g)、食盐水浓度12°Bé、酱醅含水量60%、发酵温度50℃,所制得的酱油色泽鲜亮,酱香浓郁,滋味鲜美、醇厚,此条件下酱油收率为326%,头油氨基酸态氮含量为0.8375g/100mL,达到特级酱油氨基酸态氮含量标准。

参考文献:

- [1] 李丽,崔波.玉米蛋白粉的综合利用及研究进展[J].粮食科技与经济,2010,35(3):60-62.
- [2] 曲永鑫.酰化玉米蛋白粉工艺条件的研究[J].食品工业科技,2009,30(4):243-246.
- [3] 高嘉安.淀粉与淀粉制品工艺学[M].北京:中国农业出版社,2001:86-90.
- [4] 李维峰,姜建国.玉米蛋白粉综合加工利用研究的新进展[J].粮食加工,2007,32(4):40-44.
- [5] 上海酿造研究所.发酵调味品生产技术[M].北京:中国轻工业出版社,1999:77-89.
- [6] 袁圆,鲁绯,黄持都.酱油功能性研究最新进展[J].中国酿造,2010(1):1-4.
- [7] KIJIMA K, SUZUKI H. Improving the umami taste of soy sauce by the addition of bacterial γ -glutamyl trans peptidase as a glutaminase to the fermentation mixture[J]. Enzyme Microb Tech, 2007, 41(1/2): 80-84.
- [8] Van Der SLUIS C, TRAMPER J, WIJFFELS R H. Enhancing and accelerating flavour formation by salt-tolerant yeasts in Japanese soy sauce process[J]. Trends Food Sci Tech, 2001, 12(9): 322-327.
- [9] 王福源.现代食品发酵技术[M].北京:中国轻工业出版社,2003:360-419.
- [10] 熊宗贵.发酵工艺原理[M].北京:中国医药出版社,2005:130-139.
- [11] 李凤林,吴雪晶.玉米蛋白粉酿造酱油生产工艺的探讨[J].中国调味品,2009(7):82-86.
- [12] 佟志扬.酱油中氨基酸态氮检测及分析[J].中国卫生检验杂志,2010,20(2):429.
- [13] 张晓丽,胡明辉,付作杰.酱油中氨基酸态氮的检测及结果分析[J].中国卫生工程学,2008,7(3):191.
- [14] 孟发宝.影响酱油中氨基酸态氮含量的因素[J].中国调味品,2008(6):29-30.
- [15] 傅力,章运,艾乃吐拉,等.酱油生产中高产蛋白酶菌株米曲霉UF366发酵条件的研究[J].食品科学,2008,29(9):427-430.
- [16] 张青,许学书,谢静莉,等.米曲霉蛋白酶动力学特性的研究[J].食品科学,2007,28(6):213-217.