

直投式发酵辣椒复合菌剂的制备

Preparation of complex microbial inoculants of fermented
chilli's Direct Vat Set (DVS)

沈畅萱 王修俊 朱隆绘 黄珊

SHEN Chang-xuan WANG Xiu-jun ZHU Long-hui HUANG Shan

刘佳慧 尹爽 田多

LIU Jia-hui YIN Shuang TIAN Duo

(1. 贵州大学发酵工程与生物制药省级重点实验室, 贵州 贵阳 550025;
2. 贵州大学酿酒与食品工程学院, 贵州 贵阳 550025)

(1. Guizhou Provincial Key Laboratory of Fermentation Engineering and Biopharmacy, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China; 2. School of Liquor and Food Engineering, Guizhou University, Guiyang, Guizhou 550025, China)

摘要:为开发发酵辣椒复合菌剂,提高发酵辣椒工业生产效率,对从自然发酵辣椒中筛选鉴定出的菌株进行产酸能力、耐酸性、耐盐性和安全性等发酵能力测定,选择出发酵菌剂的备选菌株为植物乳杆菌、乳酸乳球菌和枯草芽孢杆菌。通过接种配比试验和对发酵条件的优化,得出复合菌剂的最佳配方:菌液(枯草芽孢杆菌:乳酸乳球菌:植物乳杆菌)体积比为1:4:1,接种量6%,发酵时间66 h,盐浓度4%。该条件下得出的发酵辣椒产酸量为0.77%;感官评定分数17.525。

关键词:发酵辣椒;直投式;复合菌剂;发酵能力

Abstract: For developing complex microbial inoculants of fermented chilli and improving production efficiency of fermented industry, the ability of produce acid, acid fastness, salt tolerance and safety of bacterial strains which were separated and identified from natural fermented chilli were determined. And *Lactobacillus plantarum*, *Lactococcus lactis*, *Bacillus subtilis* were chosen to be alternatives for complex microbial inoculants. The best formula, obtained by experiment of inoculating ratios and majorization of ferment's condition, were: the proportion of volume of *Lactobacillus plantarum*: *Lactococcus lactis*: *Bacillus subtilis* = 1:4:1, the quantity of inoculation 6%, the time of fermentation 66 h, the concentration of salt 4%. It was showed that the inoculating ratio had significant influence on the production of acid content of complex microbial inoculants among the four

factors. Under this condition, the fermented chilli's yield of acid was 0.77%, and sensory evaluation score was 17.525.

Keywords: fermented chilli; DVS complex microbial inoculants; combination of microbial strain; ability of ferment

自然发酵辣椒是中国传统调味品。但由于自然菌群情况随机多变,故其品质不易控制,安全性不稳定,且传统发酵辣椒,多采用高盐分腌制,使得发酵辣椒制品在色、香、味等各方面的感官大打折扣且不利于健康。目前发酵辣椒产业因工业化水平较低,存在发酵过程难以控制、受自然条件影响较大等劣势,使得产品质量较低,难以大规模生产。

当前,中国对于发酵食品菌剂的研究多为单一菌剂的开发,王雪雅等^[4]通过对10株乳酸菌进行产酸性、抑菌性等性能的筛选,选出产酸量为0.020 8 g/100 g的发酵乳杆菌和产酸量为0.020 3 g/100 g的食糖果乳杆菌;卢翰等^[5]以纯菌种发酵为基础,探究出辣椒酱最适发酵工艺,发酵时间6 d,发酵结束后含酸量0.59%;崔小利等^[6]对市售鲜辣椒中微生物进行分离、鉴定,并对得到的菌种产酸性等性能以及发酵成品的感官进行鉴定,得出鲜辣椒自然发酵过程中的主发酵菌是乳酸菌,纯种发酵的适合菌种是植物乳杆菌;王微等^[7]用纯种发酵得到鲜辣椒的发酵时间为4 d。以上研究所得到的产品生产时间相对过长,在发酵过程中有很多不可控因素,发酵时间越长,其对产品品质影响越大。因此,缩短发酵时间有助于提高发酵辣椒的品质。关于快速发酵的研究,孟宪刚等^[8]对西北酸菜高效复合发酵菌种进行筛选,选出分别具有产酸速度最快、醇香味适中、降解亚硝酸和发酵风味接受度最高的4种菌株,但未对复合后的菌剂进行鉴定;卫玲玲等^[9]研究了用于发酵甘蓝的微生物复配,配方为短乳杆菌与

基金项目:贵州省农业攻关项目(编号:黔科合NY字[2012]3018号);贵州省农业攻关项目(编号:黔科合NY字[2015]3025-1号)

作者简介:沈畅萱,女,贵州大学在读硕士研究生。

通信作者:王修俊(1965—),男,贵州大学教授。

E-mail: 775298123@qq.com

收稿日期:2017—03—16

植物乳杆菌按 1∶1 复配,总接种量为 2%~3%,发酵效果最好;张良等^[10]对四川泡菜乳酸发酵菌剂进行研究,以四川老泡菜水为原料,分离、鉴定、筛选菌种,比较发酵剂发酵与传统家庭泡菜的差异,针对叶菜类泡菜、茄果类泡菜和块茎类泡菜研制不同的发酵菌剂配方。

本试验拟以贵州遵义地区所产辣椒为原料,对自然发酵辣椒中筛选出的多个优势菌株进行能力鉴定和复配的探究,以期解决生产发酵辣椒调味品生产过程中的关键技术问题。

1 材料和方法

1.1 试剂与设备

新鲜红椒、生姜、大蒜、食盐、红星二锅头(52% Vol):购于贵阳市沃尔玛超市;

戊醇、盐酸:分析纯,重庆川江化学试剂厂;
MRS 琼脂培养基、MRS 肉汤培养基、LB 液体培养基、胰酪胨大豆液体培养基、肉汤琼脂培养基:中国医药上海化学试剂公司;

抗生素纸片:杭州天和微生物试剂有限公司;
植物乳杆菌(*Lactobacillus plantarum*)、植物乳球菌(*Lactococcus plantarum*)、乳酸乳球菌(*Lactococcus lactis*)、枯草芽孢杆菌(*Bacillus subtilis*)、短小芽孢杆菌(*Bacillus pumilus*):实验室工作人员从自然发酵的辣椒中分离、筛选、鉴定后保留^[11];

紫外分光光度计:UV-2550 型,上海元析仪器有限公司;
恒温培养箱:SPX-150C 型,上海博迅实业有限公司医疗设备厂。

1.2 方法

1.2.1 菌种活化 植物乳杆菌、植物乳球菌、乳酸乳球菌、枯草芽孢杆菌、短小芽孢杆菌分别用 MRS 琼脂培养基斜面活化。条件:(37±1)℃,48 h,活化 3 次^[9]。

1.2.2 产酸能力试验 取 5 mL 菌种接入 100 mL 培养基中,植物乳杆菌、植物乳球菌和乳酸乳球菌接入到 MRS 肉汤培养基,枯草芽孢杆菌接种到 LB 液体培养基,短小芽孢杆菌接种到胰酪胨大豆琼脂培养基,于 37℃培养 48 h,每隔 6 h 取样测定产酸量。

1.2.3 产酸量的测定 按 GB 12456—2008 中酸碱滴定法执行。

1.2.4 耐酸性试验 将 5 mL 待测菌种接种于不同 pH 值(分别为 2.0,3.0,3.5,4.0,5.0)的培养基中,所用培养基同 1.2.2,于(37±1)℃恒温培养 48 h。用紫外分光光度计测定波长为 480 nm 时,培养前、后的 OD 值,以二者的差值表示各菌种耐酸性(OD 值之差越大则菌种的耐酸性越强)^[12]。

1.2.5 耐盐性试验 将待测菌接种到 1.2.2 所述培养基,分别加入 5%,9%,13%的氯化钠,于(37±1)℃恒温培养 48 h。用紫外分光光度计测定波长为 480 nm 时,培养前、后的 OD 值,以二者的差值表示各菌种耐盐性(OD 值之差越大则菌种的耐盐性越强)^[13]。

1.2.6 安全性试验

(1) 硫化氢(H₂S)试验:取 100 mL 肉汤琼脂培养基与 2.5 mL 现配的 10% 硫代硫酸钠溶液灭菌后混合,冷却至 202

60℃,加入 3 mL 10%醋酸铅溶液,混合均匀,无菌分装于试管中至 5~6 cm,浸于冷水中冷凝成琼脂膏。用接种针蘸取纯培养物,沿管壁作穿刺,培养于 37℃,1~2 d 后观察,培养基变黑色者为阳性,阴性应继续培养至 7 d。

(2) 产吡啶(靛基质)试验:将被检菌株接种于蛋白胨水培养基中于(36±1)℃培养 2 d 后,加入 3 滴乙醚,摇动数次,静置 1 min,待乙醚上升后,沿试管壁缓缓加入 2 滴吡啶试剂,在乙醚和培养液之间产生红色环状物为阳性反应。

(3) 抗生素敏感性试验:将抗生素贴纸贴附于已涂布被检菌的培养基表面,于(32±1)℃培养 48 h 后,测量记录抑菌圈直径。抗敏性有 3 种:① 敏感(S),在常规药量条件下试验菌株可被所用抗菌药物杀死或抑制;② 中介度(I),为了消除因试验条件及人工读数等不可避免误差而引起的试验偏差,在“S”和“R”之间所设立的缓冲地带;③ 耐药(R),在常规药量条件下所用抗菌药物并不能对受试菌株起到抑制作用。贴纸种类、药物剂量和抑菌圈判断标准见表 1。

表 1 药敏试验贴纸药物剂量和纸片解释结果[†]
Table 1 The drug does of stickers and interpretation results of drug sensitive test

抗 生 素	药物剂量/ (μg·Tablet ⁻¹)	抑菌圈直径/mm		
		R	I	S
卡那霉素	30	≤13	14~17	≥18
先锋霉素	75	≤15	16~20	≥21
氨苄青霉素	10	≤28	—	≥29
青霉素	10*	≤28	—	≥29
链霉素	10	≤11	12~14	≥15
氯霉素	30	≤12	13~17	≥18
环丙沙星	5	≤15	16~20	≥21
庆大霉素	10	≤12	13~14	≥15
红霉素	15	≤13	14~22	≥23
氟哌酸	10	≤12	13~16	≥17
丁胺卡那	30	≤14	15~16	≥17
复方新诺明	23.75 /1.25(磺胺 甲恶唑/甲氧苄啶)	≤10	11~15	≥16

† * 表示青霉素药物剂量单位为“U”。

(4) 产细菌素试验:在培养基上涂布 240 μL 大肠杆菌和葡萄球菌,在无菌操作条件下将牛津杯垂直放入培养基中,之后将筛选出菌株的菌液在 4℃下 10 000 r/min 离心 15 min,将上清液倒入牛津杯中,在(37±1)℃条件下培养 48 h,用直尺直接测量抑菌圈大小,得到抑菌圈直径减去牛津杯直径做记录。

1.2.7 发酵辣椒制备 挑选无杂质、无霉变、无腐烂的鲜红辣椒洗净晾干(不得掺入油)后,按比例加入盐、白糖、酒、大蒜、生姜、复合发酵菌剂,存放于试验要求温度条件下约 2 h,将拌有辅料的辣椒翻倒入坛,盛上坛沿水,盖上坛盖,于试验要求温度下发酵。

1.2.8 发酵菌剂的复配以及发酵条件的优化 根据 1.2.2~1.2.5 的试验结果,选择植物乳杆菌、乳酸乳球菌和枯草芽孢

杆菌(菌悬液的浓度为 $10^7 \sim 10^8$ 个/mL)作为发酵辣椒的复合发酵菌剂。以 1.2.6 方法制备发酵辣椒,通过单因素试验和正交试验,对菌种配比与发酵条件进行优化。

- (1) 菌种比例对产酸的影响:食盐浓度 3%,发酵菌剂接种量 5%,发酵时间 60 h,发酵温度 $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$,菌液(枯草芽孢杆菌:乳酸乳球菌:植物乳杆菌)体积比=1:1:1,2:1:1,1:2:1,1:1:2,1:2:2 时,酸碱直接滴定测产酸量。
- (2) 接种量对产酸的影响:食盐浓度 3%,菌液(枯草芽孢杆菌:乳酸乳球菌:植物乳杆菌)体积比 1:2:1,接种量分别 1%,3%,5%,7%,9%,发酵温度 $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$,发酵时间 60 h,测产酸量。
- (3) 盐浓度对产酸的影响:食盐浓度分别 1%,3%,5%,7%,9%,菌液(枯草芽孢杆菌:乳酸乳球菌:植物乳杆菌)体积比 1:2:1,接种量 5%,发酵温度 $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$,发酵时间 60 h,测产酸量。
- (4) 发酵时间对产酸的影响:食盐浓度 3%,菌液(枯草芽孢杆菌:乳酸乳球菌:植物乳杆菌)体积比 1:2:1,接种

- 量 5%,发酵温度 $(32 \pm 1)^\circ\text{C}$,发酵时间分别为 24,36,48,60,72 h,测定产酸量。
- (5) 温度对产酸的影响:盐浓度 3%,菌液(枯草芽孢杆菌:乳酸乳球菌:植物乳杆菌)体积比 1:2:1,接种量 5%,温度分别为 30,32,34,36,38 $^\circ\text{C}$,发酵时间 60 h,测得产酸量。
- (6) 发酵工艺的优化:在菌液体积比(枯草芽孢杆菌:乳酸乳球菌:植物乳杆菌)、接种量、发酵时间和盐浓度的单因素试验基础上,进行正交试验。本试验选取以上 4 个因素,采用 $L_9(3^4)$ 正交表。为全面考量产品,以感官鉴定为指标对发酵辣椒的工艺条件进行优化。正交试验结果的分析采用软件 SPSS 20.0。
- 1.2.9 感官评定方法 感官鉴定依据见表 2,由 20 人评分,感官指标评定方法采用模糊数学综合评定方法,选取因素集 $U=\{\text{形态,色泽,气味,口味,脆度}\}$,对应的评价集为 $V=\{\text{差}(5),\text{较差}(10),\text{良}(15),\text{优}(20)\}$,上述因素的权重集为 $x=\{0.05,0.10,0.30,0.35,0.20\}$ 。

表 2 发酵辣椒感官评定标准
Table 2 Criterion of sensory evaluation

分数	形态	色泽	气味	口味	脆度
5(差)	霉花浮膜多、形状很不完整	呈色腐坏变黑或霉变发白	无发酵香	有不良味道	很软
10(较差)	霉花浮膜占液面一半左右、形状不太完整	呈红褐色	发酵香清淡	辣味、无酸味、咸度较大或小	一般
15(良)	有少许霉花浮膜、形状较完整	呈暗红色	发酵香较浓郁	辣味、微酸味、咸度较大或小	较脆
20(优)	无霉花浮膜、形状完整	呈鲜艳红色	发酵香浓郁纯正	辣味、微酸味、咸度适当	脆嫩

2 结果与分析

2.1 菌种发酵能力测定

2.1.1 产酸能力测定 由图 1 可知,乳酸乳球菌产酸能力最强,植物乳杆菌相对植物乳球菌后期产酸稍强,短小芽孢杆菌几乎不产酸,枯草芽孢杆菌产酸能力较弱。故优先考虑乳酸乳杆菌、植物乳杆菌。枯草芽孢杆菌为好氧菌,可迅速消耗掉发酵辣椒环境中的氧气,为乳酸菌提供一个良好的无氧环境,故将其列入备选菌种。

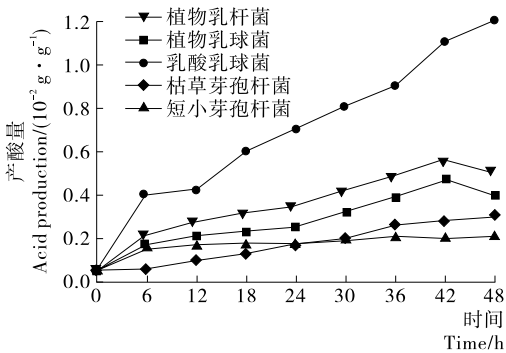


图 1 乳酸菌产酸能力试验折线图

Figure 1 Line chart of experiment of Lactobacillus' acid production capacity

2.1.2 耐酸性试验 由图 2 可知,乳酸乳球菌和植物乳杆菌的耐酸性较强,在 pH 2.0 时仍能生长,但相对较高 pH 值,生长明显受到抑制;植物乳球菌和枯草芽孢杆菌耐酸性相对较弱,在 pH 2.0 时几乎不生长;短小芽孢杆菌耐酸性最差,在 pH 3.0 时其 OD 差值为负数,可能是短小芽孢杆菌在 pH 3.0 的条件下出现死亡,细胞裂解自溶。通过此项测试,发现植物乳杆菌和乳酸乳球菌的耐酸性较强,故将此两菌列为复合菌剂菌种首选。

2.1.3 耐盐性试验 一般市场和家庭自用的发酵辣椒口感

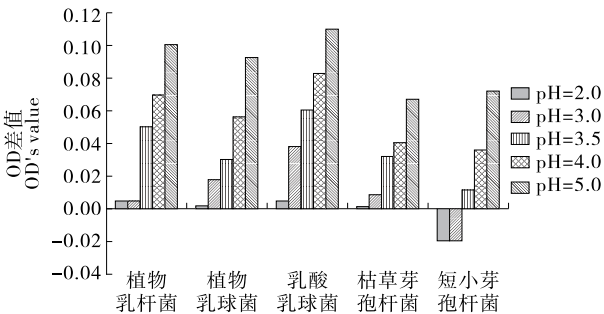


图 2 筛选菌株耐酸性试验结果分析柱形图

Figure 2 Column chart of experimental results of screening strains acid

较好的食盐含量在 7%~8%。由图 3 可知,随着食盐浓度升高,待检的菌株 OD 差值逐渐下降,即待检菌株菌数逐渐减少,但所筛选的菌株都能在食盐含量 7%左右生长,均能达到发酵辣椒产品需求。

2.1.4 菌株安全性试验 按照 1.2.2 的方法测得结果见表 3~5。

由表 3 可知,所筛选出来的菌株硫化氢和脲基质试验均为阴性,即不产生硫化氢气体、不产生吡嗪。

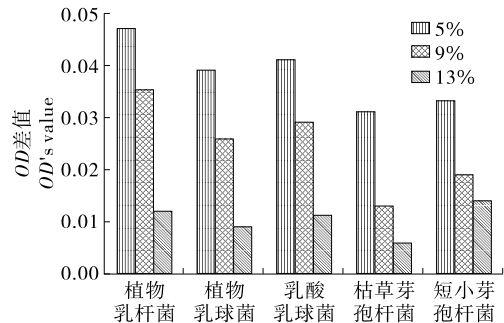


图 3 所筛选菌株耐盐性试验结果分析柱形图

Figure 3 Column chart of experimental results of salt tolerance

表 3 脲基质试验和硫化氢试验结果

Table 3 Results of indole test and hydrogen sulfide test

菌种名称	硫化氢试验	脲基质试验
植物乳杆菌	—	—
植物乳球菌	—	—
乳酸乳球菌	—	—
枯草芽孢杆菌	—	—
短小芽孢杆菌	—	—

由表 4 可知,具有抗药性情况为:乳酸乳球菌,2 种;植物乳杆菌,3 种;植物乳球菌,4 种;枯草芽孢杆菌,7 种;短小芽孢杆菌,7 种。在产酸量和耐盐性都比较理想的前提下,应尽量选择对多种抗生素敏感度较好的菌株来制作微生物发酵菌剂,故优先考虑乳酸乳球菌和植物乳杆菌。

由表 5 可知,植物乳杆菌和乳酸乳球菌可产生抑菌圈,产生细菌素;植物乳球菌仅对大肠杆菌有抑菌效果。枯草芽孢杆菌虽然产生抑菌圈但都较小;短小芽孢杆菌不产生抑菌圈。故优先考虑植物乳杆菌和乳酸乳球菌。

综上,选取产酸能力、耐酸性、耐盐性、菌株安全性均较好的 乳酸乳球菌与植物乳杆菌,且需要耐酸性、耐盐性、菌种

表 4 抗生素敏感性试验结果

Table 4 Results of antibiotic sensitivity test

抗生素	植物乳杆菌		植物乳球菌		乳酸乳球菌		枯草芽孢杆菌		短小芽孢杆菌	
	抑菌圈直	药敏	抑菌圈直	药敏	抑菌圈直	药敏	抑菌圈直	药敏	抑菌圈直	药敏
	径/mm	结果	径/mm	结果	径/mm	结果	径/mm	结果	径/mm	结果
卡那霉素	15	I	12	R	15	I	10	R	12	R
先锋霉素	18	I	16	I	24	S	18	I	19	I
氨苄青霉素	32	S	40	S	37	S	27	R	15	R
青霉素	35	S	40	S	38	S	25	R	22	R
链霉素	13	I	20	S	18	S	13	I	14	I
氯霉素	15	I	14	I	22	S	17	I	13	I
环丙沙星	13	R	10	R	8	R	11	R	12	R
庆大霉素	13	I	13	I	14	I	10	R	7	R
红霉素	25	S	16	I	19	I	15	I	19	I
氟哌酸	5	R	6	R	3	I	8	R	10	R
丁胺卡那	11	R	6	R	8	R	12	R	4	R
复方新诺明	14	I	11	I	15	I	12	I	14	I

表 5 菌株产细菌素试验结果[†]

Table 5 Results of the produced bacteriocins test

菌种	抑菌圈直径/mm		产细菌素
	大肠杆菌	金黄色葡萄球菌	
植物乳杆菌	10	8	是
植物乳球菌	11	—	是
乳酸乳球菌	12	11	是
枯草芽孢杆菌	6	4	否
短小芽孢杆菌	—	—	否

[†] — 表示无抑菌圈。

安全性相对较好的好氧细菌——枯草芽孢杆菌,为乳酸乳球菌与植物乳杆菌尽快提供无氧环境,提高发酵主菌种的发酵效率。

2.2 发酵菌剂的制备

根据单因素试验结果,确定在(36±1)℃,按表 6 进行正交试验,结果见表 7,方差分析见表 8、9。

由表 7~9 可知,影响产酸量的主次因素:菌液体积比>接种量>发酵时间>盐浓度,菌液体积比、接种量有极显著影响,发酵时间有显著性影响,盐浓度的影响不显著;影响感官评定的主次因素:菌液体积比>接种量>盐浓度>发酵时间,菌液体积比、接种量和盐浓度对其有显著性影响,发酵时

表 6 优化复合菌发酵辣椒工艺条件的正交试验因素与水平

Table 6 Optimization of mixed bacteria fermentation the pepper process conditions on orthogonal experimental factors and level

水平	A 菌液体积比	B 接种量/%	C 发酵时间/h	D 盐浓度/%
1	1∶2∶1	4	54	2
2	1∶3∶1	5	60	3
3	1∶4∶1	6	66	4

间影响不显著。最优配方:菌液(枯草芽孢杆菌:乳酸乳球菌:植物乳杆菌)体积比 1∶4∶1,接种量 6%,发酵时间 66 h,盐浓度 4%。因 A₃B₃C₃D₃未出现在正交试验表当中,需验证其优越性,以产酸量和感官评分为考察指标,做 3 次验证实验

表 7 优化复合菌发酵辣椒工艺条件的正交试验结果

Table 7 Orthogonal experiment of process conditions to optimize the mixed fermentation of pepper

序号	A	B	C	D	产酸量/%			感官评分		
					1	2	3	1	2	3
1	1	1	1	1	0.63	0.66	0.65	10.062 5	10.075 0	9.550 0
2	1	2	2	2	0.69	0.70	0.68	11.487 5	11.512 5	10.862 5
3	1	3	3	3	0.72	0.72	0.71	12.937 5	12.987 5	12.337 5
4	2	1	2	3	0.69	0.69	0.69	13.412 5	13.587 5	12.800 0
5	2	2	3	1	0.70	0.73	0.71	14.025 0	14.012 5	13.237 5
6	2	3	1	2	0.71	0.72	0.73	14.162 5	14.162 5	13.437 5
7	3	1	3	2	0.71	0.74	0.72	15.837 5	15.962 5	15.075 0
8	3	2	1	3	0.72	0.75	0.73	17.125 0	17.012 5	17.150 0
9	3	3	2	1	0.73	0.74	0.76	17.425 0	17.425 0	17.400 0
产酸量	K ₁	2.055 1	2.058 6	2.099 9	2.103 4					
	K ₂	2.123 0	2.140 4	2.123 2	2.135 8					
	K ₃	2.198 8	2.177 9	2.153 8	2.137 8					
	R	0.047 9	0.039 8	0.017 9	0.011 5					
感官评分	K ₁	33.937 5	38.787 5	40.912 5	41.070 8					
	K ₂	40.945 8	42.141 7	41.970 8	40.833 3					
	K ₃	50.137 5	44.091 7	42.137 5	43.116 7					
	R	5.400 0	1.768 1	0.408 3	0.682 0					

表 8 复合菌发酵辣椒正交试验结果的产酸量方差分析[†]

Table 8 Acid production's orthogonal experimental results of analysis of variance on mixed fermentation chili

方差来源	偏差平方和	自由度	F	显著性
A	0.011	2	34.595	* *
B	0.007	2	23.738	* *
C	0.001	2	4.595	*
D	0.001	2	2.452	
误差	0.003	18		
总和	13.577	27		

† * * 表示该因素对试验结果有极显著影响; * 表示该因素对试验结果有显著影响。

取平均值,得到试验结果:产酸量 0.77%,感官评分 17.525,大于正交表中 A₃B₃C₂D₁结果,故最优方案为 A₃B₃C₃D₃,即菌液(枯草芽孢杆菌:乳酸乳球菌:植物乳杆菌)体积比 1∶4∶1,接种量 6%,发酵时间 66 h,盐浓度 4%。

3 结论

通过对所筛菌株进行发酵能力试验,以及对发酵因素的正交优化,确定了最佳工艺条件:菌液(枯草芽孢杆菌:乳酸乳球菌:植物乳杆菌)体积比 1∶4∶1,接种量 6%,发酵时间 66 h,盐浓度 4%。复合发酵菌剂明显缩短了发酵时间,减少了发酵过程中不确定因素发生的几率,降低了发酵过程品质控制的难度。在发酵辣椒菌剂中加入了好氧菌枯草芽孢杆菌,可以迅速消耗掉发酵辣椒环境中残留的氧气,为其它起主要产酸作用的乳酸菌提供了良好的无氧发酵环境,也可

表 9 复合菌发酵辣椒正交试验结果的感官评定方差分析

Table 9 Sensory evaluation score's orthogonal experimental results of analysis of variance on mixed fermentation chili

方差来源	偏差平方和	自由度	F	显著性
A	132.014	2	520.088	* *
B	14.396	2	56.714	* *
C	0.883	2	3.478	
D	3.152	2	12.417	* *
误差	2.284	18		
总和	152.729	27		

† * * 表示该因素对试验结果有极显著影响。

以控制发酵环境中有效成分的氧化,在一定程度上延长了产品的保质期。由于辣椒具有季节性,后续可尝试用于辣椒进行乳酸发酵,以保证企业规模化生产的不间断。

参考文献

[1] WATARU A, YUJI N, TOSHIKAZU Y. Exercise and functional food[J]. Nutrition Journal, 2006, 5(15): 1-8.

[2] UTE Schweiggert, REINHOLD Carle, ANDREAS Schieber. Characterization of major and minor capsaicinoids and related compounds in chili pods (*Capsicum frutescens* L.) by high-performance liquid chromatography/atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry[J]. Analytica Chimica Acta, 2006 (557): 236-244.

[3] MACHO A. Non-pungent capsaicinoids from sweet pepper synthesis and evaluation of the chemopreventive and anticancer potential[J]. Eur Nutr, 2003, 42(1): 2-9.

[4] 王雪雅, 吴华丽, 丁筑红, 等. 纯种乳酸菌接种发酵辣椒综合品质特性研究[J]. 中国酿造, 2016(9): 119-124.

(上接第 184 页)

[13] 余杰, 杨振国, 熊夏宇, 等. 复合酶水解牡蛎蛋白的动力学研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(20): 142-144.

[14] 侯清娥, 秦小明, 林华娟, 等. 基于神经网络法制备牡蛎呈味肽工艺优化研究[J]. 食品工业科技, 2011(11): 301-304.

[15] 梁帅峰, 梁春辉, 王伟, 等. 牡蛎酶解液酶解工艺优化研究[J]. 食品工业, 2015(3): 158-161.

[16] 冯丹丹, 冯金晓, 薛勇, 等. 四种蛋白酶对牡蛎的酶解效果研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(12): 189-192.

[17] 钟秋平, 熊拯, 林美芳. 胰蛋白酶对近江牡蛎的酶解工艺研究[J]. 钦州学院学报, 2009, 24(6): 27-29.

[18] 宋忠魁, 谢涛, 叶开富, 等. 广西近江牡蛎风味酶酶解工艺研究[J]. 食品科技, 2014(10): 156-159.

[19] 姚玉静, 崔春, 邱礼平, 等. pH—stat 法和甲醛滴定法测定大豆蛋白水解度 准性 比较 [J]. 食品工业科技, 2008(9): 268-270.

[20] 冯琬帛, 崔春, 任娇艳, 等. 咸蛋清蛋白深度酶解工艺优化研究

(上接第 195 页)

[4] 辛卓霖, 李鸿萱, 韩宛君, 等. 制作工艺及干燥方法对速食小米粥品质的影响探究[J]. 食品工业科技, 2017, 31(6): 283-305.

[5] 石磊, 王世清, 陈海华, 等. 浸泡温度及米水比例对小米淀粉糊化特性的影响[J]. 食品与机械, 2010, 26(1): 31-34.

[6] 周薇, 邢明, 李远志. 响应面法优化方便米饭蒸煮工艺[J]. 食品工业科技, 2014, 35(12): 287-290.

[7] 张敏, 刘辉, 杨明, 等. 速食小米粥的研制[J]. 食品工业科技, 2010, 31(6): 209-211.

[8] 王立东, 张桂芳, 包国凤, 等. 微波热风复合干燥制备速食小米方便粥的复水性研究[J]. 粮食与饲料工业, 2013, 12(6): 25-28.

[9] BOTH A G E, OLIVEIRA J C, AHRNÉ L. Microwave assisted air drying of osmotically treated pineapple with variable power programmes[J]. Journal of Food Engineering, 2012, 108(2): 304-311.

[10] FLOBERG P. Microwave Convective Drying of Plant Foods at

[5] 卢翰, 苏爱军, 谭兴和. 辣椒酱发酵工艺研究[J]. 食品与机械, 2006, 22(3): 126-129.

[6] 崔小利, 王薇, 阙建全. 鲜辣椒纯种发酵的菌株优选[J]. 食品科学, 2014(21): 149-153.

[7] 王微, 阙建全. 响应面法优化鲜辣椒的纯种发酵工艺[J]. 食品科学, 2014(7): 143-148.

[8] 孟允刚, 唐璎. 西北酸菜高效复合发酵菌种的筛选[J]. 食品科学, 2011(11): 222-227

[9] 卫玲玲, 应铁进, 陈延, 等. 甘蓝泡菜发酵菌种的复配研究[J]. 中国食品学报, 2012(8): 93-97.

[10] 张良, 向文良, 曾泽生, 等. 四川泡菜乳酸发酵菌剂的研究[J]. 食品科学, 2013(19): 200-206.

[11] 朱隆绘, 王修俊. 自然发酵辣椒中天然微生物的分离与鉴定[J]. 中国调味品, 2013, 38(2): 30-33.

[12] 燕平梅, 陈燕飞, 赵文婧, 等. 蔬菜发酵菌种的筛选及发酵特性[J]. 食品科学, 2015(3): 99-103.

[13] 胡博涵, 吴晖, 赖富饶, 等. 耐盐乳酸菌的筛选及其在剁辣椒发酵中的应用[J]. 食品与机械, 2014, 30(1): 51-54, 70.

[J]. 食品工业科技, 2014, 35(2): 146-149.

[21] 苏国万. 花生粕酶解及其产物呈味特性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012: 68.

[22] 赵谋明, 徐巨才, 刘雷, 等. 不同 HLB 值的表面活性剂对核桃仁酶解特性的影响[J]. 现代食品科技, 2016(7): 109-114.

[23] 周雪松. 鸡肉蛋白酶解及其产物抗氧化活性研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2006: 58-59.

[24] 付莉, 岳喜庆, 赵凯. 胰蛋白酶制备乳蛋白水解物的研究[J]. 食品工业科技, 2012, 33(23): 167-170.

[25] 朱新武. 鸡肉美拉德肽的制备及其呈味研究[D]. 广州: 仲恺农业工程学院, 2015: 21-38.

[26] 侯清娥. 基于神经网络的牡蛎呈味肽制备及呈味特性研究[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2011: 10-17.

[27] 韩富亮, 郭安韵, 王华, 等. 食源性鲜味肽和浓厚感肽的研究进展[J]. 食品科学, 2015, 36(23): 314-320.

[28] KOHYAMA K. Oral sensing of food properties[J]. Journal of Texture Studies, 2015, 46(3): 138-151.

Constant and Variable Microwave Power [J]. Drying Technology, 2007, 25(7/8): 1 149-1 153.

[11] 莫愁, 陈霖, 陈懿, 等. 微波干燥恒温控制系统的设计[J]. 食品与机械, 2011, 27(2): 77-79.

[12] 徐晚秀, 李臻锋, 李静, 等. 微波干燥温度和物料厚度对铁棍山药片品质的影响[J]. 食品与机械, 2016, 32(11): 191-193.

[13] KAYA A, AYDIN O, DEMIRTAS C, et al. An experimental study on the drying kinetics of quince[J]. Desalination, 2007, 212(1): 328-343.

[14] 张黎骅, 武莉峰, 党鑫凯, 等. 鲜切高山野山药片微波间歇干燥特性研究[J]. 食品与机械, 2017, 33(1): 39-44.

[15] VEGA-GÁLVEZ A, MIRANDA M, CLAVERÍA R, et al. Effect of air temperature on drying kinetics and quality characteristics of osmo-treated jumbo squid (*Dosidicus gigas*) [J]. LWT-Food Sci Technol, 2011, 44: 15-23.