

利用副干酪乳杆菌发酵风味鱿鱼制品条件研究

黄乐丹¹, 吴祖芳^{1*}, 张林楠², 白政泽¹, 翁佩芳¹

(1. 宁波大学 海洋学院, 浙江 宁波 315211; 2. 宁波飞润海洋生物科技有限公司, 浙江 宁波 315700)

摘要: 为进一步提高鱿鱼的食用品质, 以北太鱿鱼作为副干酪乳杆菌 *Lpsi* 的发酵基质, 研究料液比、菌株接种量、蔗糖添加量、发酵时间、发酵温度对鱿鱼发酵效果的影响。采用响应面法对发酵条件进行优化, 得到副干酪乳杆菌发酵鱿鱼的最佳优化条件为: 料液比 1:1.92、发酵温度 31.42 °C、加糖量 3.16%、接种量 4%, 发酵时间 48 h。在此条件下, 鱿鱼发酵液的实际氨基酸含量达到 0.63 g·L⁻¹。鱿鱼经过副干酪乳杆菌蛋白酶的分解作用, 呈味氨基酸含量上升, 提高了人体必需氨基酸含量及易消化吸收性, 使其营养性和保健性得到进一步增强。

关键词: 鱿鱼; 副干酪乳杆菌 *Lpsi*; 发酵; 响应面法

中图分类号: TQ920.6

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2017) 03-0006-06

北太鱿鱼(North Pacific squid), 属头足纲, 海生软体动物, 含有丰富的蛋白质及钙、磷、铁等矿物质成分, 以及丰富的硒、碘、锰、铜等微量元素, 是一种优质海洋蛋白食品^[1]。目前主要通过各种食品添加剂或低盐腌制^[2]调节鱿鱼制品风味, 尽管每一种食品添加剂的用量均符合食品添加剂使用标准(GB2760-2014)的限量标准, 但这些成分复合添加会对人体健康产生叠加影响^[3]。乳酸菌作为一种有益菌在食品工业中的应用十分广泛, 乳酸菌发酵后形成的多种代谢产物, 不仅能够降低 pH 值, 而且能够产生抗菌性成分, 抑制有害菌的生长, 同时对促进制品风味也具有重要作用。彭习亮等^[4]研究表明, 通过乳酸菌发酵能使产品的口感更加柔和, 令人回味, 且在延长保质期方面也有一定作用。因此, 通过乳酸菌发酵法不但能代替传统鱿鱼加工中使用的多种食品添加剂, 同时对制品的保鲜和营养的改善等也有积极作用。

目前对鱿鱼加工的研究多集中在传统鱿鱼加工方式下工艺条件的优化, 通过乳酸菌发酵方法来加工鱿鱼的研究仅有少量的文献报道^[5-7], 而利用副干酪乳杆菌发酵鱿鱼的研究国内外尚未见文

献报道。根据已有的研究^[8-10], 副干酪乳杆菌具有良好的发酵特性, 广泛存在于传统发酵乳制品及人体胃肠道中^[8-10], 适合发酵鱼肉制品。

本文用北太鱿鱼作为副干酪乳杆菌 *Lpsi* 的发酵基质, 以蛋白质及氨基酸态氮含量为指标, 在单因素实验的基础上, 采用 Box-Behnken 设计优化副干酪乳杆菌发酵鱿鱼工艺, 并对发酵前后氨基酸含量的变化进行分析, 旨在进一步提高和改善鱿鱼的营养价值与食用品质。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

北太鱿鱼: 由宁波飞润海洋生物科技有限公司提供, -20 °C冻藏; 食盐: 浙江绿海制盐有限公司; 副干酪乳杆菌 *Lpsi*: 宁波大学食品生物技术实验室保藏; MRS 培养基、MRS 肉汤培养基: 购于杭州微生物试剂有限公司; 乙醇、磷酸、亚硝酸钠、氢氧化钠、考马斯亮蓝 G-250 和甲醛: 购于国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

LDZX-40B I 型立式蒸汽灭菌器, 上海申安医

收稿日期: 2016-11-15.

宁波大学学报(理工版) 网址: <http://journalg.nbu.edu.cn/>

基金项目: 宁波市科技富民项目 (2016C10031) .

第一作者: 黄乐丹 (1992-), 女, 浙江温州人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 食品生物技术. E-mail: 786994882@qq.com

*通信作者: 吴祖芳 (1963-), 男, 浙江奉化人, 博士/教授, 主要研究方向: 食品生物技术. E-mail: wzfwpf@163.com

疗器械厂; XPX 智能型生化培养箱, 宁波江南仪器厂; 高速冷冻离心机, 德国 Eppendorf 公司; 紫外可见分光光度计, 上海美谱达仪器有限公司。

1.3 实验方法

1.3.1 副干酪乳杆菌的活化

将斜面保藏的副干酪乳杆菌 *Lpsi* 接种到 MRS 肉汤培养基中, 于 37 °C 条件下培养 48 h, 再用 MRS 肉汤培养基转接活化 2~3 代, 直至菌种恢复活力, 菌落数达到 3.0×10^8 CFU·mL⁻¹, 最后将菌种转接到 MRS 固体斜面培养基中, 4 °C 条件下冷藏保存^[11]。

1.3.2 鱿鱼发酵试验

首先将鱿鱼胴体切圈、清洗、煮熟(85~95 °C, 3~5 min)、冷却(清水浸泡 15~30 min); 然后加入一定量的调味盐水(一定比例的蔗糖、食盐与水在 121 °C 灭菌 15 min); 接着将高密度培养后的副干酪乳杆菌 *Lpsi* 接种于上述发酵液中, 于适宜培养箱中静置培养 48 h。

1.3.3 单因素发酵优化试验

在接种量 3%、加糖量 3%、发酵时间 48 h、发酵温度 37 °C 条件下进行鱿鱼发酵, 通过测定发酵液中的蛋白质含量和氨基态氮含量, 研究料液比(鱿鱼质量(g)比发酵液的体积(mL))对发酵效果的影响。在料液比 1:2、加糖量 3%、发酵时间 48 h、发酵温度 37 °C 条件下进行鱿鱼发酵, 通过测定发酵液中的蛋白质含量和氨基态氮含量, 研究接种量对发酵效果的影响。在料液比 1:2、接种量 4%、发酵时间 48 h、发酵温度 37 °C 条件下进行鱿鱼发酵, 通过测定发酵液中的蛋白质和氨基态氮含量, 研究加糖量对发酵效果的影响。在料液比 1:2、接种量 4%、加糖量 3%、发酵温度 37 °C 条件下进行鱿鱼发酵, 通过测定发酵液中的蛋白质和氨基态氮含量, 研究发酵时间对发酵效果的影响。在料液比 1:2、接种量 4%、加糖量 3%、发酵时间 48 h 条件下进行鱿鱼发酵, 通过测定发酵液中的蛋白质和氨基态氮含量, 研究温度对发酵效果的影响。

1.3.4 响应面优化发酵试验

在单因素实验的基础上, 根据 Box-Behnken 的中心组合实验设计原理, 选取料液比、蔗糖添加量和发酵温度 3 个因素, 采用 3 因素 3 水平的响应面分析设计, 试验数据处理采用 Design Expert 软

件对试验结果进行 Quadratic 模型拟合。

1.3.5 蛋白质含量测定

采用考马斯亮蓝法, 以牛血清白蛋白为标准品进行测定。

1.3.6 发酵液中氨基态氮含量测定

采用甲醛电位滴定法测定^[12]。

1.3.7 氨基酸组分的测定

分别称取发酵及传统加工鱿鱼冻干粉 50 mg, 加入 15 mL 6 mol·L⁻¹ 的 HCl 搅拌至溶解, 在 110 °C 条件下氮气保护水解 22 h, 冷却后转移至 25 mL 容量瓶中, 定容后取 200 μL, 用 55 °C 氮气吹干, 加入 1 mL 蒸馏水再烘干, 反复 3 次, 再用 1 mL 的 0.02 mol·L⁻¹ HCl 溶解, 经 0.45 μm 滤膜过滤后取滤液 20 μL, 用氨基酸分析仪分析。

2 结果与讨论

2.1 不同料液比及菌种接种量对鱿鱼发酵效果的影响

料液比及菌株接种量对鱿鱼发酵过程中氨基酸态氮含量及蛋白质含量的影响结果如图 1 和图 2 所示。

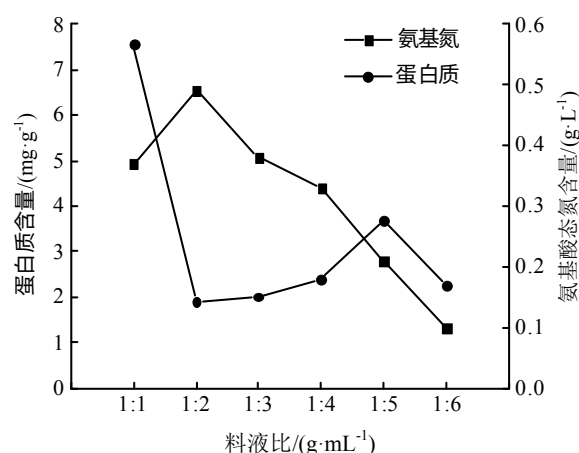


图1 料液比对发酵效果的影响

由图 1 可知, 当料液比为 1:2 时, 副干酪乳杆菌 *Lpsi* 发酵鱿鱼氨基态氮含量上升明显, 而蛋白质含量急剧下降。当料液比为 1:4 时, 发酵液的氨基态氮含量较料液比 1:3 时有所下降, 而蛋白质含量相对增加。当料液比加大到 1:5~1:6 时, 发酵液中氨基态氮含量较低。这些变化反映原料中的蛋白质通过菌体发酵分解蛋白质成小分子肽类及氨基酸, 其含量的变化规律可能与作为氮源的原料及

其浓度有关。

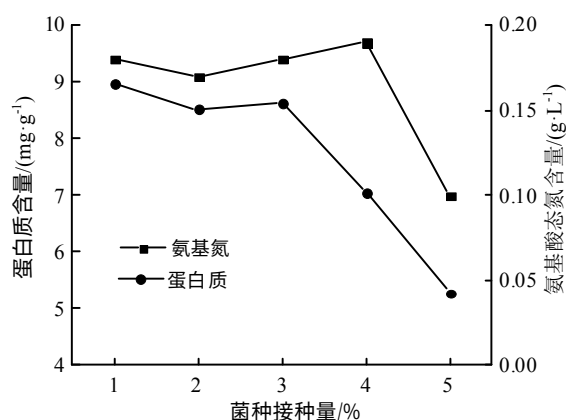


图2 菌株接种量对发酵效果的影响

由图2可知,当菌株接种量为1%~3%时,发酵液中氨基酸态氮含量和蛋白质含量的变化趋势并不明显,说明可能在菌株接种量为1%~3%的范围内,菌体维持生命活动所吸收的氨基氮含量与其自身分泌蛋白酶水解产生的氨基氮含量保持平衡。当菌种接种量在3%~4%之间时,随着菌种接种量的增加,蛋白质的含量明显降低,该区间内,接种量越高,菌株产蛋白酶能力越强。当接种量达到5%时,蛋白质含量与氨基氮含量均有所下降,可能与菌体浓度过高导致氮源供应不足有关。

2.2 加糖量及发酵时间对鱿鱼发酵效果的影响

鱿鱼发酵加糖量对发酵结果的影响如图3所示。从图3可以看出,葡萄糖添加量从开始时的1%逐步增加,发酵液中蛋白质含量的氨基酸态氮含量增加明显,当葡萄糖添加量至3%时其数值上升至最大,这可能与副干酪乳杆菌 *Lpsi* 生长旺盛,产蛋白酶活性高,从而使发酵液中氨基酸态氮含

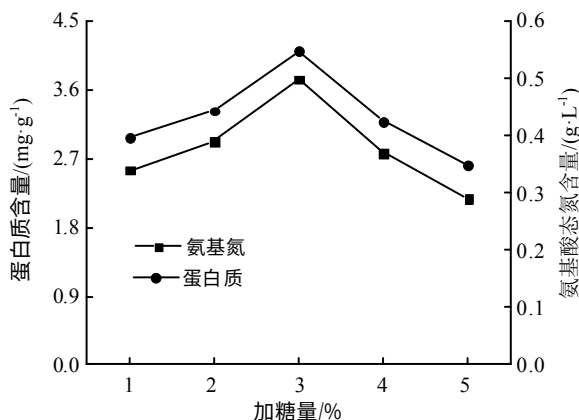


图3 加糖量对发酵效果的影响

量逐渐增加。蛋白质含量的增加可能与原料蛋白质水解及菌体生长有关。随着加糖量的继续升高,它们的含量呈现下降趋势,其原因可能是碳源供应充足使菌浓度过高导致氮源供应不足。

发酵时间对发酵效果的影响如图4所示。从图4可知,随着发酵时间的延长,蛋白质含量基本保持上升趋势,而氨基酸态氮含量在发酵前48h内基本无变化,可能与该时段菌株产蛋白酶较少有关。当发酵时间为72h时,氨基酸态氮含量达到最大;发酵时间大于72h后,菌株的生长繁殖速率减慢,菌体逐渐步入衰亡期,对发酵液中氨基酸态氮物质的吸收利用率降低,蛋白酶活力下降,导致发酵液中氨基酸态氮类物质的大量累积。

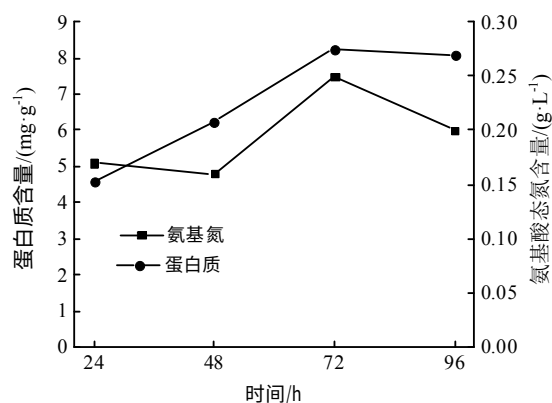


图4 发酵时间对发酵效果的影响

2.3 不同发酵温度对鱿鱼发酵效果的影响

由图5可知,不同温度下,各指标含量明显变化。当发酵温度为25℃时,鱿鱼发酵液中蛋白质及氨基酸态氮含量均相对较低,这可能是由于发酵温度较低,导致副干酪乳杆菌 *Lpsi* 生长较慢,产酶能力较弱。副干酪乳杆菌在30~37℃下各项发酵

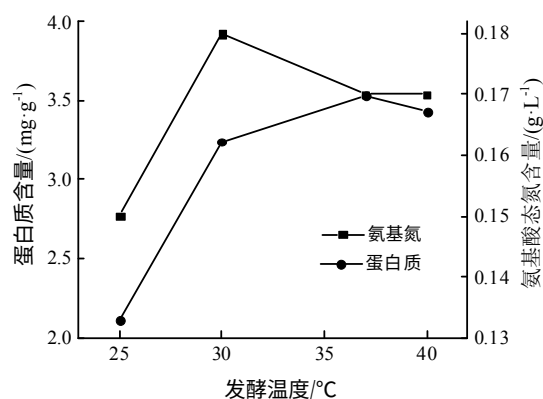


图5 发酵温度对发酵效果的影响

性能最优, 该温度区间内菌株生长状态最佳, 产酶效率最高, 有效地促进了鱿鱼蛋白水解为小肽和游离氨基酸^[13-14].

2.4 响应面分析优化发酵条件

由以上单因素确定鱿鱼副干酪乳杆菌接种量为 4%、发酵时间 48 h, 以发酵料液比、蔗糖添加量和发酵温度作为响应曲面的考察因素, 发酵液中氨基态氮含量为响应值, +1、0、-1 分别代表高、中、低水平. 以 3 次重复试验所得总氨基酸态氮含量的平均值为响应值, 进行 3 因素 3 水平的 Box-Behnken 响应面试验分析. 设计方案及结果见表 1.

表 1 Box-Behnken 响应面试验设计因素水平

水平	料液比/(g·mL ⁻¹)	发酵温度/°C	加糖量/%
-1	1:1	25	1
0	1:2	30	3
1	1:3	37	0

2.4.1 回归方程与方差分析

运用 Design-Expert 7.1Trial 统计分析软件, 对表 1 数据进行多元回归拟合, 得到氨基酸态氮含量(Y)与发酵料液比(X₁)、蔗糖添加量(X₂)、发酵温度(X₃)之间的二次多元回归模型为:

$$Y=0.65-0.032X_1+0.031X_2+0.026X_3-0.017X_1X_2+0.0025X_1X_3-0.005X_2X_3-0.20X_1^2-0.23X_2^2-0.16X_3^2.$$

方差分析结果见表 2. 由表 2 可知, 该模型 P 值小于 0.000 1, 即表现为极显著(P<0.01), 且失拟项不显著(P>0.05), 说明料液比、蔗糖添加量和发酵温度这 3 个因素值与氨基酸态氮含量之间的关系可以通过 Quadratic 模型进行函数化, 该回归方程对数据进行了较好的拟合. 当 P<0.05 时, 3 个因素对响应值结果影响显著, 且料液比、发酵温度和加糖量的一次项均达到极显著水平(P<0.01), 表明 3 个因素对氨基酸态氮含量的线性效应显著, 所有二次项对氨基酸态氮含量的曲面效应极显著, 交互项 X₁X₂ 交互效应显著, 表明各影响因素对氨基酸态氮含量的影响不是简单的线性关系. 在发酵时间 48 h、接种量 4%的条件下, 表 1 数据经 Quadratic 回归模型拟合得到副干酪乳杆菌发酵鱿鱼的最佳条件为: 料液比 1:1.92、发酵温度 31.42 °C、加糖量 3.16%, 在该条件下氨基态氮理论含量为 0.65 g·L⁻¹.

2.4.2 验证试验

为检验试验的可靠性, 采用上述最佳发酵条件制作发酵鱿鱼, 在该条件下进行 3 次平行实验, 测得氨基态氮实际含量均值为 0.63 g·L⁻¹, 与模型预测的理论含量值无显著性差异(P>0.05), 认为该二次回归方程较好地反映了试验的真实性. 在此条件下测得鱿鱼的细菌总数为 3.8×10⁸ CFU·mL⁻¹,

表 2 回归模型方差分析

变异来源	平方和	自由度	均方差	F 值	P 值
模型	0.58	9	0.065	376.10	<0.000 1
X ₁	0.008 45	1	0.008 45	49.09	0.000 2
X ₂	0.007 813	1	0.007 813	45.38	0.000 3
X ₃	0.005 513	1	0.005 513	32.02	0.000 8
X ₁ X ₂	0.001 225	1	0.001 225	7.12	0.032 1
X ₁ X ₃	0.000 025	1	0.000 025	0.15	0.714 4
X ₂ X ₃	0.000 1	1	0.000 1	0.58	0.470 9
X ₁ ²	0.17	1	0.17	968.62	<0.000 1
X ₂ ²	0.23	1	0.23	1 310.84	<0.000 1
X ₃ ²	0.11	1	0.11	637.96	<0.000 1
残差	0.001 205	7	0.000 172 1		
失拟项	0.000 525	3	0.000 175	1.03	0.469 0
纯误差	0.000 68	4	0.000 17		
总和	0.58	16			

乳酸菌数为 3.3×10^8 CFU·mL⁻¹, 大肠菌群 ≤ 10 CFU·mL⁻¹, pH 值为 4.05, 亚硝酸盐残留量 $4.13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ [15-18]。

2.5 氨基酸组分分析

3 种鱿鱼产品(鱿鱼原料、传统加工鱿鱼、发酵鱿鱼)的氨基酸组分分析结果见表 3。从表 3 可以看出, 3 种产品中均检出至少 17 种氨基酸, 其中有 8 种为人体必需氨基酸。鱿鱼原料、传统加工鱿鱼、发酵鱿鱼中氨基酸总量分别为 73.987 、 49.941 和 $76.757 \text{ g} \cdot \text{hg}^{-1}$, 其中人体必需氨基酸总量分别为 32.667 、 17.930 和 $31.066 \text{ g} \cdot \text{hg}^{-1}$, 呈味氨基酸总量分别为 34.063 、 38.796 和 $28.541 \text{ g} \cdot \text{hg}^{-1}$ 。鱿鱼经过乳酸菌分别发酵后, 氨基酸总量显著提高。与传统加工鱿鱼相比, 鱿鱼经副干酪乳杆菌 Lpsi 发酵后不仅呈味氨基酸含量丰富, 且必需氨基酸含量相对较高, 说明乳酸菌发酵对制品的营养改善等起到了积极的作用。

表 3 鱿鱼氨基酸组分分析 $\text{g} \cdot \text{hg}^{-1}$

氨基 酸名	鱿鱼 原料	发酵 鱿鱼	传统加 工鱿鱼
甘氨酸	3.436	3.435	2.818
丙氨酸	5.390	4.160	3.766
脯氨酸	3.120	2.268	2.040
苏氨酸 ¹⁾	1.800	3.571	2.263
丝氨酸	3.751	3.507	2.197
赖氨酸 ¹⁾	8.562	7.301	3.913
谷氨酸	10.392	13.579	10.664
甜味氨基酸含量	36.451	35.553	23.748
苯丙氨酸 ¹⁾	3.461	3.386	1.983
精氨酸	6.772	5.303	3.318
异亮氨酸 ¹⁾	3.982	3.677	2.180
缬氨酸 ¹⁾	3.550	3.231	1.958
亮氨酸 ¹⁾	8.614	7.542	4.395
苦味类氨基酸含量	26.379	23.139	13.834
天门冬氨酸	3.147	8.400	4.513
组氨酸 ¹⁾	1.806	1.651	0.922
鲜味类氨基酸含量	4.953	10.051	5.435
胱氨酸	0.483	0.570	0.296
甲硫氨酸 ¹⁾	2.699	2.358	1.238
酪氨酸	3.022	2.818	1.477
总量	73.987	76.757	49.941
人体必需氨基酸总量	32.667	31.066	17.930

注: 色氨酸在酸性水解条件下被破坏, 所以未检出。1) 为人体必需氨基酸。

3 讨论与结论

乳酸菌作为一种有益菌在食品工业中的应用越来越广泛, 食品经乳酸菌发酵后, 如何集营养和保健于一身, 越来越受到有关学者的重视, 成为今后保健食品开发的重要因素^[19]。目前, 人工接种技术研究已较为深入, 并广泛应用食品工业中。实验发现, 通过副干酪乳杆菌 Lpsi 发酵后, 与未添加及传统加工鱿鱼相比, 发酵鱿鱼总氨基酸的含量增多, 谷氨酸、天门冬氨酸、甘氨酸、丝氨酸和丙氨酸等呈味氨基酸含量较传统加工鱿鱼增加明显。这一结果表明, 副干酪乳杆菌可以很好地应用于改善发酵肉制品的风味。另外, 副干酪乳杆菌一般主要用于乳制品类食品的发酵, 而本实验中副干酪乳杆菌 Lpsi 以鱿鱼为发酵基质, 为副干酪乳杆菌在水产品中的应用提供了技术支持。

从实验室保藏菌株中筛选出副干酪乳杆菌 Lpsi 为鱿鱼发酵的优良乳酸菌, 采用接种浸泡法发酵鱿鱼, 对发酵鱿鱼过程中鱿鱼及发酵液的各项指标进行测定。结果表明, 副干酪乳杆菌 Lpsi 发酵鱿鱼的最佳条件为: 料液比 1:1.92、发酵温度 31.42°C 、加糖量 3.16%、接种量 4%、发酵时间 48 h。在此条件下, 鱿鱼发酵液的氨基态氮实际含量可达到 $0.63 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$, 鲜味较好。副干酪乳杆菌 Lpsi 在 $31\sim 37^\circ\text{C}$ 下产酶活性高, 能够有效地促进鱿鱼蛋白水解为小肽和游离氨基酸, 人体必需氨基酸含量上升, 使其营养性和保健性得到进一步增强。

参考文献:

- [1] 黄鹏晓, 吴祖芳, 沈飏, 等. 鱿鱼丝加工中真菌菌相变化规律及优势真菌的分离鉴定[J]. 现代食品科技, 2016, 32(5):98-103.
- [2] HONG W J, SANG M K. Quality characteristics, shelf-life, and bioactivities of the low salt squid jeot-gal with natural plant extracts[J]. Journal of the Korean Society of Food Science & Nutrition, 2013, 42(5):721-729.
- [3] 吴少杰, 张俊杰, 姚兴存, 等. 我国鱿鱼的综合加工利用现状与展望[J]. 食品研究与研发, 2011, 32(1):154-155.
- [4] 彭习亮, 马成杰. 乳酸菌的生理功能及其在食品工业中的应用[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(20):8708-8710; 8776.

- [5] 令狐青青, 张雪, 童晓倩, 等. 纳豆芽孢杆菌(*Bacillus natto*)发酵鱿鱼碎肉的工艺优化[J]. 食品科学, 2015, 36(19):148-152.
- [6] 张雪, 令狐青青, 童晓倩, 等. 响应面法优化鱿鱼(*Ommastrephes bartramii*)皮胶原蛋白提取液脱色工艺[J]. 海洋与湖沼, 2015, 46(1):221-227.
- [7] 张硕, 张莉力. 副干酪乳杆菌对发酵香肠风味的作用研究[J]. 食品工业科技, 2014, 35(3):305-307; 368.
- [8] 巨晓英, 寇晓虹. 副干酪乳杆菌的功能及其在食品工业中的应用研究进展[J]. 中国乳品工业, 2009, 37(8):48-50.
- [9] 熊涛, 刘妍妍, 黄涛, 等. 副干酪乳杆菌 NCU622 耐酸耐胆盐及其黏附性能[J]. 食品科学, 2015, 36(5):93-98.
- [10] 周晓丹, 刘爱萍, 张明, 等. 副干酪乳杆菌 LC-01 对便秘小鼠的通便作用[J]. 乳业科学与技术, 2012, 35(5):7-11.
- [11] 魏敏, 张斌, 王宁宁, 等. 副干酪乳杆菌耐乳酸的驯化及增殖培养基的优化[J]. 食品与机械, 2014, 30(2):25-31.
- [12] 吴谋成. 食品分析与感官评定[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2010:63-64.
- [13] 陈合, 张秋红, 王长凤, 等. 温度对嗜酸乳杆菌和干酪乳杆菌发酵羊奶的影响[J]. 食品与机械, 2013, 29(1):23-26.
- [14] 陈洁, 黄佩佩, 宋茹. 枯草芽孢杆菌发酵鱼蛋白制备抗氧化型发酵液工艺的初步研究[J]. 浙江海洋学院(自然科学版), 2011, 30(3):254-258.
- [15] GB 4789.2-2016. 食品卫生微生物学检验(菌落总数测定)[S].
- [16] SN/T 1941.3-2007. 进出口食品中乳酸菌检验方法(乳酸杆菌的 PCR 法)[S].
- [17] GB/T 5009.1-2003. 食品卫生检验方法(理化部分)[S].
- [18] GB 5009.33-2016. 食品安全国家标准(食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定)[S].
- [19] ICHII T, MAHAPATRA K, SAKAI M, et al. Changes in abundance of the neon flying squid *Ommastrephes bartramii* in relation to climate change in the central north Pacific ocean[J]. Marine Ecology Progress, 2011, 441(8):151-164.

Study on fermentation conditions of flavor squid products by *Lactobacillus paracasei*

HUANG Le-dan¹, WU Zu-fang^{1*}, ZHANG Lin-nan², BAI Zheng-ze¹, WENG Pei-fang¹

(1.School of Marine Science, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Feirun Marine Biotechnology Co., Ltd., Ningbo 315700, China)

Abstract: In order to further improve the edible quality of North Pacific squid products, North Pacific squid was used as the fermentation substrate of *Lactobacillus paracasei*. The effect of solid to liquid ratio, sucrose concentration, the quantity of inoculation of lactobacillus, fermentation time and fermentation temperature in fermented squid was evaluated. The response surface methodology was used to optimize the fermentation conditions and the optimal conditions for solid to liquid ratio, fermentation temperature, sucrose concentration, inoculation amount and fermentation time were determined as 1:1.92, 31.42 °C, 3.16%, 4% and 48 h, respectively. Experiments carried out under these conditions led to an amino nitrogen content of 0.63 g·L⁻¹. Decomposed by *Lactobacillus paracasei* protease, the content of amino acids in North Pacific squid increased, and its digestion and absorption and the content of essential amino acids in the human body also increased. In addition, its nutritional and health-care properties were further enhanced.

Key words: squid; *Lactobacillus paracasei*; fermentation; response surface methodology

(责任编辑 史小丽)