

添加复合发酵剂对发酵猪肉干食品安全性的影响

王新惠, 张 峯, 谭茂玲, 李俊霞, 白 婷, 邹 强, 屈 瑶, 蒋心茹
(成都大学生物产业学院肉类加工四川省重点实验室, 四川成都 610106)

摘 要:以清酒乳酸杆菌(*Lactobacillus sakei*)和木糖葡萄球菌(*Staphylococcus xylosus*)为复合发酵剂发酵猪肉干, 研究复合发酵剂对发酵猪肉干腐败微生物生长增殖、组胺积累、亚硝酸盐残留、脂质氧化及挥发性氨基氮(TVB-N)生成的影响。结果表明:接种复合发酵剂显著($p < 0.05$)抑制发酵过程中大肠杆菌、李斯特菌、假单胞菌和金黄色葡萄球菌等腐败微生物的生长增殖;发酵结束时,添加复合发酵剂和自然发酵组的组胺含量分别为0.32和8.85 mg/kg,亚硝酸盐残留量分别为8.95和45.6 mg/kg,硫代巴比妥酸(TBA)值分别为0.67和1.54 mg MDA/kg,TVB-N含量分别为1.23和5.25 mg/100 g。添加复合发酵剂组的组织状态、风味和色泽等感官评分均高于自然发酵组,获得了优良的感官特性。
关键词:清酒乳酸杆菌,木糖葡萄球菌,发酵猪肉干,组胺,亚硝酸盐,脂质氧化

Effect of inoculation with a starter culture composed of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosus* on the food safety of fermented pork jerk

WANG Xin-hui, ZHANG Yin, TAN Mao-ling, LI Jun-xia, BAI Ting, ZOU Qiang, QU Yao, JIANG Xin-ru

(Meat-processing Key Laboratory of Sichuan, Faculty of Biotechnology industry, Chengdu 610106, China)

Abstract: Effect of inoculation with a starter culture composed of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosus* on the growth of pathogenic bacteria, histamine reduction, nitrite depletion, oxidative stability and levels of TVB-N in fermented pork jerky were evaluated. Results showed that inoculation with the starter culture was against the growth of meat-spoiling microorganisms, namely *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Pseudomonas* and *Staphylococcus aureus*. At the end of fermentation, the levels of histamine were 0.32 and 8.85 mg/kg in the fermented pork jerky inoculated with starter culture and by a spontaneous fermentation, respectively. The levels of residual nitrite dropped rapidly from 150 to 8.95 mg/kg in the fermented pork jerky inoculated with starter culture while 45.6 mg/kg nitrite was detected at the end of fermentation in the sample by a spontaneous fermentation. The thiobarbituric acid reactive substances test (TBARS) values were 0.67 and 1.54 mg MDA/kg in the fermented pork jerky inoculated with starter culture and by a spontaneous fermentation, respectively. The levels of TVB-N were 1.23 and 5.25 mg/100g in the fermented pork jerky inoculated with starter culture and by a spontaneous fermentation, respectively. The organization appearance, taste, smell and color of sensory scores in sample inoculated with starter cultures were higher than that of control, and exhibited good sensory properties.

Key words: *Lactobacillus sakei*; *Staphylococcus xylosus*; fermented pork jerky; histamine; nitrite; lipid oxidation

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2015)20-0234-05

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2015.20.041

发酵肉干营养丰富、风味独特、耐贮存、食用方便,是餐桌上的一道佳肴,也是旅游休闲时常备食品之一。我国发酵肉干主要采用自然发酵,存在诸多食品安全问题,主要表现如下:自然发酵初期由于优势菌群未形成,大肠杆菌、假单胞菌等腐败微生物的滋

生极易造成肉干的腐败。原料肉富含蛋白质和氨基酸,在自然发酵过程中,其游离氨基酸易被具氨基酸脱羧酶的杂菌转化为生物胺。研究表明,食品中组胺超过100 mg/kg,酪胺超过100 mg/kg将导致食物中毒^[1]。亚硝酸钠作为一种传统的发色剂、防腐剂和抗氧化

收稿日期: 2014-12-16

作者简介: 王新惠(1982-),女,博士,副教授,主要从事肉类加工及质量控制方面的研究, E-mail: wangxinhui19820319@163.com。

基金项目: 四川省教育厅川菜发展研究中心项目(CC14Z05);国家自然科学基金资助项目(31301552);成都大学大学生创新性实验项目(CDU-CX-2014012)。

剂在发酵肉干生产中被广泛使用。亚硝酸盐是食品添加剂中急性毒性较强的物质之一,且亚硝酸盐可与次级胺结合,形成亚硝胺,从而诱发消化系统癌变,是影响发酵肉干食品安全性的重要因素之一^[2]。发酵肉干油脂比较高,在发酵过程中易发生脂质氧化,出现酸败现象。

目前,欧美国家已采用微生物发酵技术生产具有特殊风味、营养、高质量的发酵肉干。清酒乳酸杆菌(*Lactobacillus sakei*)是欧洲常用的肉制品发酵剂,该菌株产乳酸赋予肉制品特有的发酵风味,由于产乳酸使肉制品在发酵初期pH迅速下降和产乳酸菌素,从而抑制李斯特菌(*Listeria monocytogenes*)、大肠杆菌(*Escherichia coli*)等食源性致病菌生长增殖^[3]。此外,清酒乳酸杆菌具有亚硝酸还原酶,促进亚硝酸盐的分解,降低肉制品中亚硝酸盐残留。木糖葡萄球菌(*Staphylococcus xylosus*)是目前欧洲发酵肉制品常用的发酵剂,该菌具有胺氧化酶、超氧化歧化酶、蛋白酶和脂酶,对改善肉制品的风味、降解生物胺以及抗脂质氧化起到至关重要的作用^[4]。若能采用清酒乳酸杆菌和木糖葡萄球菌复合发酵,则可抑制腐败微生物生长、减少生物胺积累和亚硝酸盐残留等提高发酵肉干的安全性。因此,本文以清酒乳酸杆菌和木糖葡萄球菌为复合发酵剂,以猪肉为基质,生产休闲发酵猪肉干,研究复合发酵剂对发酵猪肉干腐败微生物生长增殖、组胺积累、亚硝酸盐残留、脂质氧化及挥发性氨基氮(TVB-N)生成的影响,以期改善传统发酵猪肉干质量和食品安全性提供理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

清酒乳酸杆菌(*Lactobacillus sakei*)和木糖葡萄球菌(*Staphylococcus xylosus*)均购于广东省微生物菌种保藏中心(GIMCC);新鲜猪肉、调味品和香辛料购于家乐福四川成都市新都连锁店;亚硝酸钠、磷酸氢二钾、异抗坏血酸、硼酸、碳酸钾、甲基蓝、甲基红、盐酸、硫代巴比妥酸(TBA)、三氯乙酸、乙二胺四乙酸(EDTA)、高氯酸、氢氧化钠、碳酸氢钠、丹酰氯、磷酸组胺、硼砂、亚铁氰化钾、乙酸锌、氨基苯磺酸、盐酸萘乙二胺均为分析纯,购于上海化学试剂总厂;猪肉干配方^[5]盐20 g/kg,蔗糖3 g/kg,亚硝酸钠150 mg/kg,异抗坏血酸0.3 g/kg,复合磷酸盐0.3 g/kg,味精0.2 g/kg,白胡椒粉1 g/kg,料酒2 g/kg。

SH-020型恒温恒湿发酵箱 上海上器集团实验设备有限公司;LRH-250F型生化培养箱 上海一恒科学仪器有限公司;DNY-II型全自动凯氏定氮仪 山东潍坊普创仪器有限公司;BYXX-50型烤箱 深圳奈美特工业设备有限公司;DZ500/2SB型真空包装机 浙江葆春包装机械总厂;TGL-20M型高速台式冷冻离心机 湖南湘仪离心机仪器有限公司;VE-AS型超纯水机 深圳沃尔奇环保股份有限公司;XW-80A型漩涡混合器 上海精科实业有限公司;KH5200DE型数控超声波清洗器 北京金科利达电子科技有限公司;UV741型可见紫外分光光度

计 惠普上海分析仪器有限公司;JA2003型电子天平 上海天平仪器厂;HH-2型恒温水浴锅 浙江金坛梅香仪器设备有限公司;VOSHIN-600R型均质器 江苏无锡沃信仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程 原料肉→切块→去腥→漂洗→加复合磷酸盐→腌制→拌料→直投发酵剂→发酵→烘烤→冷却→真空包装→成品^[6]。

1.2.2 操作要点 选用检验合格的市售精瘦肉,剔除骨、筋膜以及脂肪以后,用清水漂洗;切成3 cm×1.5 cm×0.5 cm的肉片,肉片长度方向顺着猪肉纤维的方向,洗净后沥净血水,将肉片在30℃温水中浸泡30 min,去掉血水和泡沫;在切好的肉片中加入磷酸复合盐,搅拌均匀,4℃腌制24 h后添加香辛料和辅助材料,混匀,4℃腌制2 h^[7];将清酒乳酸杆菌和木糖葡萄球菌冻干菌剂(1:1)直投肉片中,接种量0.2%(W:W),混合均匀,放置发酵箱中28℃,相对湿度90%~95%发酵36 h^[8],以自然发酵为对照;发酵结束后,将肉片均匀地摊在烘筛上,60~65℃烘烤4~5 h^[9],期间定期翻转肉片使之受热均匀;取出烘烤成熟后的肉干,放置室温冷却,然后包装。

1.3 测定方法

1.3.1 菌落数测定 依据GB/T4789.5-2012《食品卫生微生物学检验》^[10]的检测方法,测定发酵结束时发酵肉中的大肠杆菌、李斯特菌、假单胞菌和金黄色葡萄球菌的菌落数。

1.3.2 亚硝酸盐测定 依据GB/T5009.33-2010《食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定》^[7]的检测方法,测定发酵肉干中亚硝酸盐的含量。

1.3.3 组胺测定 采用高效液相色谱法测定组胺含量^[8]。称取5 g样品,置于具塞离心管中,加入0.4 mol/L高氯酸溶液,均质1 min,6000 r/min离心5 min。取上清液2 mL,置于10 mL离心管中,依次加入100 μL 2 mol/L氢氧化钠溶液,300 μL饱和碳酸氢钠溶液和1 mL 10 mg/mL丹酰氯溶液,盖塞。40℃避光反应45 min,反应完毕后,定容至5 mL,振荡均匀,0.20 μm滤膜过滤,用于分析检测。柱温35℃,流动相流速0.3 mL/min,进样量50 μL。

1.3.4 硫代巴比妥酸(TBA)值测定 参考孙群^[9]的方法测定发酵肉干的TBA值。

1.3.5 TVB-N测定 参考蒋立凤等^[10]的方法测定发酵肉干的TVB-N值。

1.4 感官评定

由21位感官评定人员进行感官评定。将样品进行随机编号,然后分发给感官评定小组成员。小组成

表1 发酵猪肉干感官评分标准

Table 1 Sensory estimation standard of fermented pork jerky

项目	指标	最高分
色泽	色泽均匀一致、呈暗红色	2
风味	柔和的酸味,咸味甜味适中,肉香味浓,有独特的发酵香味	3
组织状态	肌肉纤维部分断裂,组织较松散,成形	5

员根据SB/T10282-2007对样品的色泽、风味和组织状态进行评分,评分标准见表1。

1.5 数据处理与统计分析

数据统计分析,采用SAS软件(SAS Institute, 2000)的ANOVA进行分析,采用普通线性模型(GLM)计算,用最小显著性差异检验平均值间的差异,设定5%为显著性差异水平。对每次实验的每个样品做三次重复测定。

2 结果与分析

2.1 复合发酵剂对腐败微生物生长的影响

发酵结束时,发酵肉干原料肉中微生物菌落数如图1所示。接种复合发酵剂显著抑制大肠杆菌和假单胞菌的生长增殖,其菌落数均 $<2 \log_{10}(\text{CFU})/\text{g}$,未检测出单增李斯特菌和金黄色葡萄球菌。自然发酵组中大肠杆菌、李斯特菌、假单胞菌和金黄色葡萄球菌的菌落数分别为4.32、3.25、3.98和1.54 $\log_{10}(\text{CFU})/\text{g}$,根据GB 2726-2005《熟肉制品卫生标准》^[14],自然发酵组中单增李斯特菌和假单胞菌均超标。结果表明,复合发酵剂组的腐败微生物显著下降($p < 0.05$),这可能由于接种复合发酵剂,使清酒乳酸杆菌和木糖葡萄球菌在发酵初期迅速成为优势菌,清酒乳酸杆菌产乳酸使发酵肉的pH快速下降,从而加速大肠杆菌、李斯特菌、假单胞菌和金黄色葡萄球菌的消亡,另外清酒乳酸杆菌可产生细菌素,抑制大肠杆菌、李斯特菌、假单胞菌和金黄色葡萄球菌的生长^[11,8]。

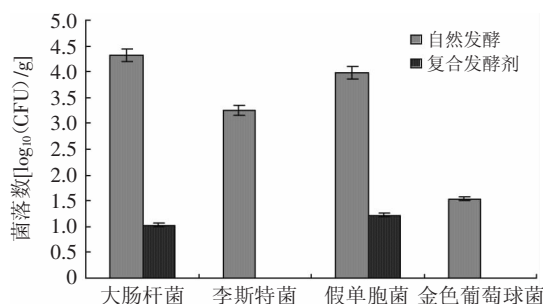


图1 发酵结束时接种复合发酵剂和自然发酵组中的微生物菌落数

Fig.1 Effect of inoculation with a starter culture composed of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosus* on the growth of spoilage microorganisms in fermented pork jerky at the end of fermentation

2.2 复合发酵剂对发酵过程中组胺含量的影响

复合发酵剂对发酵过程中发酵肉干组胺含量的影响如图2所示。发酵24 h前接种复合发酵剂和自然发酵组中的组胺含量均呈上升趋势,发酵24 h时组胺含量分别为7.19和15.79 mg/kg。发酵后期,接种复合发酵剂和自然发酵组中的组胺含量逐渐下降,发酵结束时组胺含量分别降至0.32和8.85 mg/kg。结果表明,接种复合发酵剂与肉干发酵过程中的组胺含量呈负相关性,肉干中的组胺含量显著降低($p < 0.05$),比自然发酵组降低96.2%,这可能是由于复合发酵剂抑制组胺产生菌的生长,从而降低肉制品中组胺的含量。发酵食品中组胺的形成主要源于污染的杂菌

如大肠杆菌属、假单胞菌属微生物。Gardini等^[12]研究表明,木糖葡萄球菌具有较强胺氧化酶,催化生物胺降解生成醛、过氧化氢和氨,降低肉制品中组胺含量,这可能是接种复合发酵剂组发酵后期组胺显著减少的原因。

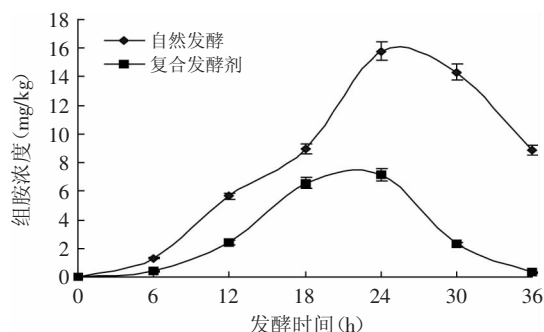


图2 接种复合发酵剂和自然发酵组发酵过程中组胺含量变化情况

Fig.2 Changes in histamine accumulation in sample inoculated with a starter culture composed of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosus* during fermentation

2.3 复合发酵剂对发酵过程中亚硝酸盐残留量的影响

由图3可知,接种复合发酵剂和自然发酵组在发酵过程中亚硝酸钠残留量均呈下降趋势。发酵初期,亚硝酸钠残留量下降较缓慢,发酵12 h后亚硝酸钠残留量下降趋势增大,且接种复合发酵剂组下降幅度高于自然发酵组($p < 0.05$)。发酵结束时,接种复合发酵剂和自然发酵组中的亚硝酸钠残留量分别为8.95和45.6 mg/kg,亚硝酸钠降解率分别为94.1%和69.6%。实验结果表明,复合发酵剂组在发酵过程中亚硝酸盐含量显著下降($p < 0.05$),成品中亚硝酸盐残留量为9.21 mg/kg($< 30 \text{ mg/kg}$),符合肉干卫生标准。Honikel等^[13]研究表明,清酒乳酸杆菌、植物乳酸杆菌等乳酸菌属具有亚硝酸盐还原酶,可催化 NO_2^- 还原生成NO和 N_2O ,而NO和 N_2O 与肌红蛋白结合,形成稳定的鲜红色,起到促色作用。Cardini等^[12]报道木糖葡萄球菌过氧化氢酶,能够将亚硝酸盐分解成氨。这可

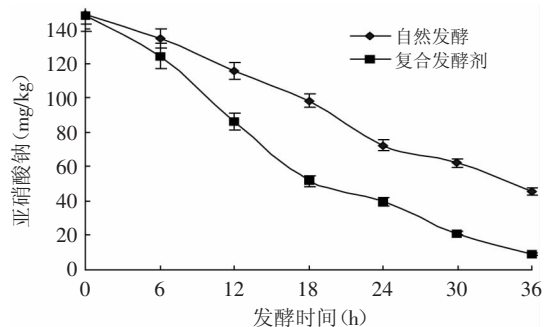


图3 接种复合发酵剂和自然发酵组发酵过程中亚硝酸盐残留量变化情况

Fig.3 Effect of inoculation with a starter culture composed of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosus* on nitrite depletion in fermented pork jerky during fermentation

能是接种复合发酵剂组亚硝酸钠显著降解的原因。

2.4 复合发酵剂对发酵过程中肉干脂质氧化的影响

由图4可知,接种复合发酵剂和自然发酵组在发酵过程中硫代巴比妥酸(TBA)值均呈上升趋势,接种复合发酵剂组与自然发酵组的TBA值差异显著($p<0.05$)。发酵结束时,接种复合发酵剂和自然发酵组的TBA值分别为0.67和1.54 mg MDA/kg,接种复合发酵剂组比自然发酵组的TBA值降低56.5%。脂肪氧化可产生风味前体物质,但过度氧化会产生毒素,危害人体健康。脂质氧化程度是衡量肉制品品质优劣的重要指标之一。Martuscelli等^[14]报道乳酸菌属、葡萄球菌属和片球菌属等能分解蛋白质生成抗氧化肽,起到抗氧化作用。Bover-Cid等^[15]研究表明,木糖葡萄球菌具有超氧化歧化酶,可抑制肉制品的脂质氧化。这可能是接种复合发酵剂组脂质氧化显著受到抑制的原因。

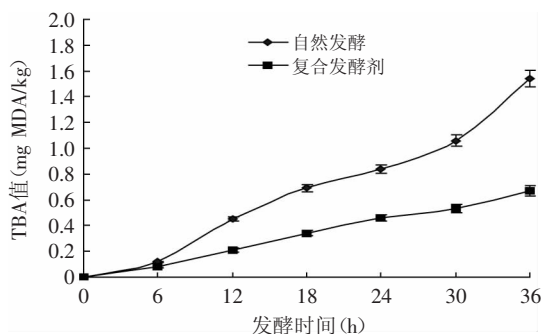


图4 复合发酵剂对发酵过程中发酵猪肉干脂质氧化的影响
Fig.4 Effect of inoculation with a starter culture composed of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosu* on lipid oxidation in fermented pork jerky during fermentation

2.5 复合发酵剂对发酵过程中肉干挥发性盐基氮含量的影响

由图5可知,发酵过程中接种复合发酵剂组中挥发性盐基氮(TVB-N)含量与自然发酵组差异显著($p<0.05$)。发酵初期,自然发酵组TVB-N含量迅速增加,而接种复合发酵剂组TVB-N含量增加缓慢;发酵24 h后,接种复合发酵剂和自然发酵组TVB-N含量变化均趋于稳定;发酵结束时,接种复合发酵剂和自

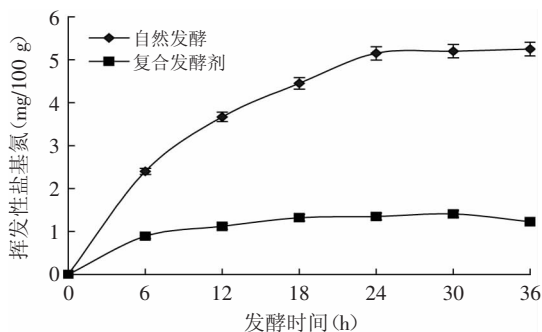


图5 复合发酵剂对发酵过程中肉干TVB-N含量的影响
Fig.5 Effect of inoculation with a starter culture composed of *Lactobacillus sakei* and *Staphylococcus xylosu* on TVB-N content in fermented pork jerky during fermentation

然发酵组TVB-N含量分别为1.23和5.25 mg/100 g,自然发酵组的TVB-N含量是接种复合发酵剂组的4.27倍。TVB-N通常作为衡量蛋白性食品新鲜度的理化指标,它与食品的腐败有很密切的关系,TVB-N值随肉品腐败程度加深而增加,肉品中TVB-N主要是由大肠杆菌、假单胞菌等腐败微生物分解蛋白质而生成^[16]。结果表明,接种复合发酵剂组TVB-N含量显著低于自然发酵组($p<0.05$),这一结果与大肠杆菌、假单胞菌菌落数测定结果相符。

2.6 复合发酵剂对发酵猪肉干感官评价的影响

发酵结束肉干烘干后,对组织状态、风味和色泽等进行感官评定,结果如表2所示。添加复合发酵剂组的组织状态、风味和色泽评分均高于自然发酵组。木糖葡萄球菌产蛋白酶,促进蛋白质降解产生小肽和游离氨基酸,这些物质不仅是发酵肉干中的重要滋味物质,且它们参与后续化学反应如美拉德反应产生的香味物质往往是发酵肉制品的特征风味物质。清酒乳酸杆菌产生乳酸,降低产品的pH,有利于蛋白质的凝结,赋予了产品良好的组织状态,同时提高了产品的风味和弹性。这可能是添加复合发酵剂赋予发酵猪肉干良好的风味、色泽和口感等的主要原因。

表2 接种复合发酵剂和自然发酵肉干的感官评价

	组织状态	色泽	风味	总分
自然发酵	3.8	1.8	2.5	8.1
复合发酵剂	4.4	2.0	2.8	9.2

3 结论

清酒乳酸杆菌与木糖葡萄球菌复配用于生产发酵猪肉干,发酵过程中接种复合发酵剂组中的大肠杆菌、假单胞菌的生长受到显著抑制,未检测出李斯特菌和金黄色葡萄球菌。接种复合发酵剂与自然发酵相比,发酵结束时组胺含量降低96.2%,亚硝酸盐残留量降低80.4%,TBA值降低56.5%,TVB-N含量降低76.6%,发酵猪肉干获得良好的风味、色泽和口感。

参考文献

- [1] Kung H F, Tsai Y H, Wei C I. Histamine and other biogenic amines and histamine-forming bacteria in miso products[J]. Food Chemistry, 2007, 101(1): 351-356.
- [2] 梁振山, 张书芳, 张丁, 等. 熟肉制品中亚硝酸盐含量调查[J]. 中国食品卫生杂志, 2012, 24(4): 364-365.
- [3] Nørnung B, Buncic C. Microbial safety of meat in the European Union[J]. Meat Science, 2008, 78(1): 14-24.
- [4] Hugas M, Monfort J M. Bacterial starter cultures for meat fermentation[J]. Food Chemistry, 1997, 59: 547-554.
- [5] 王磊, 赵丽艳, 刘长姣, 等. 猪肉干发酵工艺[J]. 农业工程, 2013, 3(5): 68-75.
- [6] GB/T4789.5-2012, 食品卫生微生物学检验[S].

(下转第252页)

响显著($p<0.05$);各交互项的影响均不显著。

2.6 最佳条件优化

将回归方程用LINGO语言进行分析,得到最佳方案为:料液比为1:46.41373 g/mL、超声波时间为25.76313 min、超声波功率为1113.406 W、乙醇浓度59.4546%,罗望子壳中总黄酮提取率的理论值为81.70%。

验证响应面法的可行性,因仪器设备的条件及便于方便操作,将以上条件参数做微小的修正:料液比为1:47 g/mL、超声波时间为26 min、超声波功率为1080 W、乙醇浓度为60%。在此条件下,重复实验3次,得到实际平均提取率为81.59%,与理论值相比,其相对误差约为0.13%,可见该模型较好的预测了实验结果。

李会瑞等^[17]结合正交实验采用乙醇浸泡工艺提取罗望子壳总黄酮的最佳工艺条件为:料液比1:40 g/mL,乙醇浓度75%,温度80℃,时间2.0 h,总黄酮得率为2.7%。按照李会瑞的计算方法,本研究的总黄酮得率为4.097%。可能是由于超声波对细胞的空化作用,促使细胞内物质溶出,提高了得率,也说明了通过响应面优化得出的提取条件能显著提高罗望子壳中总黄酮的得率。

3 结论

本研究选取料液比、乙醇浓度、超声波时间、超声波功率四个因素进行单因素实验,采用Box-Behnken响应面设计进行优化,建立响应面与各因素之间的数学模型,根据此二次回归模型,确定罗望子壳总黄酮的最佳提取工艺参数为:料液比为1:47 g/mL、乙醇浓度为60%、超声波时间为26 min、超声波功率为1080 W,在此条件下罗望子壳中总黄酮提取率达81.59%。本实验中建立的数学模型能很好地预测各因素与提取率之间的关系。

参考文献

- [1] 李晔,杜阳吉.罗望子果实黄酮类物质的提取纯化工艺[J].现代食品科技,2011,27(7):724-725.
- [2] 吉宏武,丁霄霖.罗望子研究进展[J].中国野生植物资源,2000,6(19):10-14.

[3] 庄俊钰.罗望子壳醇提物的生物活性研究[D].广州:华南理工大学,2011:1.

[4] 王阿丽,胥秀英,郑一敏,等.高效液相色谱法测定酸角果实不同部位木犀草素的含量[J].时珍国医国药,2006,4(17):551-552.

[5] Ursula Tril, Juana Fernández-López, José Ángel Pérez Álvarez, et al. Chemical physicochemical, technological, antibacterial and antioxidant properties of rich-fibre powder extract obtained from tamarind (*Tamarindus indica* L.) [J]. Industrial Crops & Products, 2014, 55:155-162.

[6] Rodríguez-Amado, Jesús, Pérez Rosés, et al. Standardization of the quality control parameters of the *Tamarindus indica* L. soft extract [J]. Rev Cubana Plant Med, 2012, 17(1):108-114.

[7] Martinello, Soares, Franco, et al. Hypolipemic and antioxidant activities from *Tamarindus indica* L. pulp fruit extract in hypercholesterolemic hamsters [J]. Food and Chemical Toxicology, 2006, 44(6):810-818.

[8] 孙兰萍,马龙,张斌,等.花生壳中黄酮物质提取工艺优化研究[J].食品科学,2009,30(6):97-101.

[9] 刘琦.金花葵花总黄酮提取、纯化、分离制备及抗氧化性研究[D].兰州:甘肃农业大学,2012:23-26.

[10] 郭占京,刘雄民,黄宏妙,等.响应面法优化超声辅助提取罗芙木中育亨宾工艺[J].食品科学,2015,36(5):1-14.

[11] 王影,陈晓平.绿豆芽总黄酮的提取工艺研究[J].食品与发酵科技,2010,46(5):45-48.

[12] 乔孟,屈晓清,丁之恩.响应面法优化超声波辅助提取湖北海棠叶中总黄酮工艺[J].食品科学,2013,34(2):143-147.

[13] 王汉卿,王文革,闫津金,等.超声提取枸杞叶中总黄酮提取工艺及其不同采收期含量变化研究[J].中国实验方剂学杂志,2011,17(8):44-47.

[14] 陈健,孙爱东,高雪娟,等.响应面分析法优化超声波提取槟榔原花青素工艺[J].食品科学,2011,32(4):82-86.

[15] 孙哲浩,李宝珍,赵谋明,等.响应面分析法优化荔枝核总黄酮提取工艺的研究[J].食品与机械,2006,22(1):30-32.

[16] 施伟梅,陈建福,王妙飞,等.响应面法优化熟地黄总黄酮的纤维素酶法提取工艺[J].食品科技,2015,40(1):240-245.

[17] 李会瑞,崔旭.罗望子壳总黄酮提取及其清除羟基自由基活性研究[J].南方农业学报,2014,45(5):844-849.

(上接第237页)

- [7] GB/T5009.33-2010,食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定[S].
- [8] Wang X H, Ren H Y, Wang W, et al. Effects of inoculation of commercial starter cultures on the quality and histamine accumulation in fermented sausages [J]. Journal of Food Science, 2015, 80(2):377-384.
- [9] 孙群.肉制品脂类氧化:硫代巴比妥酸实验测定醛类物质[J].食品科学,2002,23(8):331-334.
- [10] 蒋立凤,叶扣贵.猪肉在冻藏中挥发性盐基氮含量的变化[J].肉类工业,2001(12):17-18.
- [11] GB 2726-2005,熟肉制品卫生标准[S].
- [12] Gardini F, Martuscelli M, Crudele M A, et al. Use of *Staphylococcus xylosus* as a starter culture in dried sausages: effect on the biogenic amine content [J]. Meat Science, 2002, 61:275-283.

[13] Honikel K O. The use and control of nitrate and nitrite for the processing of meat products [J]. Meat Science, 2008, 78(2):68-76.

[14] Martuscelli M, Grudele M, Gardini F, et al. Biogenic amine formation and oxidation by *Staphylococcus xylosus* strains from artisanal fermented sausages [J]. Letter Applied Microbiology, 2000, 31:228-232.

[15] Bover-Cid S, Hugas M, Izquierdo-Pulido M, et al. Amino acid decarboxylase activity of bacteria isolated from fermented pork sausages [J]. International Journal of Food Microbiology, 2001, 66(3):185-189.

[16] 谢主兰,陈龙,雷晓凌,等.采用挥发性盐基氮动力学模型预测测盐虾酱的货架寿命[J].现代食品科技,2013,29(1):29-33.