

乳酸菌及其组合发酵芦笋的条件优化

许志美¹, 马雁¹, 印伯星², 鲁茂林¹, 桑建¹, 黄玉军¹, 关成冉¹, 顾瑞霞^{1,*}

(1. 扬州大学 江苏省乳品生物技术与安全控制重点实验室, 江苏 扬州 225127;

2. 江苏省乳业生物工程技术研究中心, 江苏 扬州 225127)

摘要: 以绿芦笋为原料, 利用4株乳酸菌(发酵乳杆菌 Xd、植物乳杆菌 5-7-3、德氏乳杆菌保加利亚亚种 Y430、副干酪乳杆菌 Yd)及其6种双菌组合(Yd+Xd、Yd+Y430、Yd+5-7-3、Xd+Y430、Xd+5-7-3、Y430+5-7-3)进行发酵, 比较发酵过程中 pH 值、总酸、抗坏血酸、黄酮和亚硝酸盐含量变化, 从而确定芦笋发酵的最佳乳酸菌及发酵时间。结果表明, 乳酸菌发酵芦笋优于自然发酵芦笋, Y430 和 Yd+Y430 分别是芦笋发酵的最佳单菌和最佳双菌组合, 最佳发酵时间为 8 d, 此时, 两者的 pH 值分别为 3.33 和 3.35, 总酸含量分别为 6.66 g/kg 和 6.58 g/kg, 抗坏血酸含量分别为 12.30 mg/100 g 和 11.93 mg/100 g, 黄酮含量分别为 63.17 mg/100 g 和 56.62 mg/100 g, 亚硝酸盐含量分别为 4.34 mg/kg 和 6.09 mg/kg。

关键词: 乳酸菌; 发酵; 芦笋; 黄酮; 亚硝酸盐

Optimization of Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) Fermented by *Lactobacillus* and Their Mixed Strains

XU Zhi-mei¹, MA Yan¹, YIN Bo-xing², LU Mao-lin¹, SANG Jian¹,

HUANG Yu-jun¹, GUAN Cheng-ran¹, GU Rui-xia^{1,*}

(1. Jiangsu Province Key Lab of Dairy Biotechnology and Safety Control, Yangzhou University, Yangzhou 225127, Jiangsu, China; 2. Jiangsu Dairy Bioengineering Technology Research Center, Yangzhou 225127, Jiangsu, China)

Abstract: Four strains of *Lactobacillus* (*Lactobacillus fermentans* Xd, *Lactobacillus plantarum* 5-7-3, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* Y430, and *Lactobacillus paracasei* Yd) and six mixed strains (Yd+Xd, Yd+Y430, Yd+5-7-3, Xd+Y430, Xd+5-7-3, and Y430+5-7-3) were used to make fermented asparagus. By comparing the pH value, total acid, ascorbic acid, flavone and nitrite in the fermentation process, the optimum *Lactobacillus* and fermentation time were determined. The results showed that *Lactobacillus* fermented asparagus were better than natural fermented asparagus. Both Y430 and Yd+Y430 groups demonstrated to be most suitable for asparagus fermentation as strains single and mixed strain. The best fermentation time was 8 d. Meanwhile, the pH value, total acid, ascorbic acid, flavone and nitrite were 3.33 and 3.35, 6.66 g/kg and 6.58 g/kg, 12.30 mg/100 g and 11.93 mg/100 g, 63.17 mg/100 g and 56.62 mg/100 g, 4.34 mg/kg and 6.09 mg/kg, respectively. In conclusion, Y430 and Yd + Y430 fermented asparagus provide a theoretical basis for the artificial inoculation of fermented asparagus into industrial production.

Key words: *Lactobacillus*; fermentation; asparagus; flavonoids; nitrite

引文格式:

许志美, 马雁, 印伯星, 等. 乳酸菌及其组合发酵芦笋的条件优化[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(5):23-28

XU Zhimei, MA Yan, YIN Boxing, et al. Optimization of Asparagus (*Asparagus officinalis* L.) Fermented by *Lactobacillus* and Their Mixed Strains[J]. Food Research and Development, 2019, 40(5):23-28

基金项目: 国家自然科学基金项目(31571855); 国家自然科学基金青年基金项目(31700079); 国家自然科学基金项目(31801565); 国家自然科学基金项目(31701627); 江苏省自然科学基金青年基金项目(BK20170496)

作者简介: 许志美(1992—), 女(汉), 硕士研究生, 研究方向: 农产品加工与贮藏工程。

* 通信作者: 顾瑞霞(1963—), 男(汉), 教授, 博士, 研究方向: 乳酸菌及其发酵制品。

芦笋属于百合科天门冬属多年生草本植物,含有多种营养元素、人体必须氨基酸和矿物质,同时富含黄酮类等多种生物活性成分,具有抗肿瘤、抗突变、抗衰老、降血脂、免疫调节等生物功能^[1],在当今社会越来越受到人们的关注和喜爱。但芦笋作为一种季节性蔬菜,种植范围非常受季节和地域的限制,不易在冬季和部分地区被人购买食用,并且,芦笋储存时间一旦过长,不仅营养物质大量流失,还会产生亚硝酸盐等有毒有害物质。

近年来,关于芦笋深加工研究的报道众多,如芦笋茶、芦笋酸奶、芦笋饮料和芦笋酒等方便食品^[2-5],利用芦笋提取物开发的芦笋口服液、芦笋冲剂、芦笋胶囊等保健品陆续上市^[6],然而,关于芦笋发酵蔬菜类产品的报道却很少。乳酸菌是一群能发酵碳水化合物并产生大量乳酸的益生菌,乳酸菌发酵蔬菜是降低亚硝酸盐、提高安全性以及增加营养成分的一种有效方法^[7]。

本文采用不同乳酸菌及其组合发酵绿芦笋,以自然发酵为对照,通过比较芦笋发酵过程中各成分的动态变化,选择适用芦笋发酵的最佳乳酸菌及最佳发酵时间,为发酵芦笋产品制作提供一定的理论依据。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

绿芦笋:市售;发酵乳杆菌 Xd(*Lactobacillus fermentum* Xd)、植物乳杆菌 5-7-3 (*Lactobacillus plantarum* 5-7-3):从传统酸菜中分离获得,由江苏省乳品生物技术与安全控制重点实验室菌种库保藏;德氏乳杆菌保加利亚亚种 Y430 (*Lactobacillus delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* Y430)、副干酪乳杆菌 Yd(*Lactobacillus paracasei* Yd):从乳制品中分离获得,由江苏省乳品生物技术与安全控制重点实验室菌种库保藏;乙醇、草酸、2,6-二氯酚、亚铁氰化钾、冰醋酸、乙酸锌、四水硼酸钠、对氨基苯磺酸、盐酸、盐酸乙二胺、氢氧化钠、亚硝酸钠、硝酸铝:均为分析纯,国药集团化学试剂有限公司;抗坏血酸标品、芦丁标品:纯度 $\geq 98\%$,上海源叶生物科技有限公司;MRS 液体培养基:青岛海博生物技术有限公司。

1.2 仪器与设备

JF-SX-500 全自动灭菌锅:日本 TOMY 公司;ZHJH-C1209B 超净工作台:上海智城分析仪器制造有限公司;FIS#13-636 XL25 型 pH 计:Fisher Scientific;Millipore Direct8 超纯水仪:美国 Millipore 公司;SPX-150BS-1I 生化培养箱:上海新苗医疗器械制造有限公司;Bio-Tck ELX800 酶标仪:美国宝特公司;5804R 型

高速冷冻离心机:美国赛默飞世尔科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 菌种活化

在无菌条件下,将冻干保存的 4 株乳酸菌 Xd、5-7-3、Y430、Yd 按 5% 的接种量接种到 MRS 液体培养基中,混匀后置于 37℃ 培养箱培养 24 h,作为 1 代菌,同样操作重复两次,活化至 3 代菌,待用。

1.3.2 芦笋发酵工艺流程

参考莲藕发酵方法并适当调整^[8]。

新鲜绿芦笋→切除根部→清洗→切段(5 cm~6 cm 长)→95℃ 热水中漂烫处理 3 min→沥干→添加配料(20 g/kg 盐和 40 g/kg 糖)→接菌(5 g/100 g 乳酸菌菌液)→密封置于 30℃ 暗处发酵→于芦笋发酵的第 0、2、4、6、8、10、12 天各取 100 g 芦笋样品,以用于营养功能指标检测。

1.4 检测指标

1.4.1 pH 值的测定

芦笋样品与去离子水 1:1(g/mL)混合制成芦笋匀浆,称取 10.00 g 芦笋匀浆离心,用 pH 计直接测定上清液 pH 值,即为芦笋样品 pH 值。

1.4.2 总酸的测定

采用直接滴定法^[9],称取 10.00 g 芦笋匀浆,加 80 mL 去离子水,沸水浴加热 30 min,使有机酸全部溶出,冷却后加水定容至 250 mL,4 500 r/min 离心 10 min,得上清液。称取 25 g 上清液,加 40 mL 去离子水,滴加 2 滴酚酞溶液(0.2 mol/L),用 NaOH 溶液(0.01 mol/L)滴定至溶液变成粉红色且 30 s 不褪色,记录消耗的 NaOH 溶液体积,计算出总酸含量。同时用去离子水代替样品做空白试验。

1.4.3 抗坏血酸的测定

采用 2,6-二氯酚酚滴定法^[10]。称取 10.00 g 芦笋匀浆,用草酸溶液(20 g/L)定容至 100 mL,4 500 r/min 离心 10 min,得上清液。吸取 10 mL 上清液,用标定过的 2,6-二氯酚酚溶液(0.2 mg/mL)滴定至变成粉红色且 30 s 不褪色,记录消耗的 2,6-二氯酚酚溶液体积,计算出抗坏血酸含量。同时用去离子水代替样品做空白试验。

1.4.4 黄酮的测定

采用亚硝酸钠-硝酸铝显色法^[11],略作修改。芦丁标准曲线绘制:分别吸取 0、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL 芦丁标准溶液(0.1 mg/mL),用去离子水补至 1 mL,加 1 mL 的 NaNO₂ 溶液(0.05 g/mL),混匀后静置 6 min,加 1 mL 的 Al(NO₃)₃ 溶液(0.1 g/mL),混匀后静置 6 min,加 3 mL 的 NaOH 溶液(0.04 g/mL),混匀后静置 15 min,

于波长 510 nm 处测定 OD 值。以芦丁含量(mg)为 x , 510 nm 处的 OD 值为 y , 绘制芦丁标准曲线。样品测定: 称取 5.00 g 芦笋匀浆, 加 50 mL 70%乙醇溶液, 50 °C 超声波辅助提取 30 min, 4 500 r/min 离心 10 min, 得上清液。取 1 mL 上清液, 按照芦丁标准曲线测定方法进行, 根据芦丁标准曲线计算出黄酮含量。同时用去离子水代替样品做空白试验。

1.4.5 亚硝酸盐的测定

采用盐酸萘乙二胺法^[12]。亚硝酸钠标准曲线绘制: 吸取 0.00、0.20、0.40、0.60、0.80、1.00、1.50、2.00、2.50 mL 亚硝酸钠标准使用液(5.0 $\mu\text{g/mL}$), 加 2 mL 对氨基苯磺酸溶液(4 g/L), 混匀, 静置 5 min, 加 1 mL 盐酸萘乙二胺溶液(2 g/L), 定容至 50 mL, 混匀, 静置 15 min, 于波长 538 nm 处测 OD 值, 以芦丁含量(mg)为 x , 538 nm 处的 OD 值为 y , 绘制亚硝酸钠标准曲线。样品测定: 称取 5.00 g 芦笋匀浆, 加 12.5 mL 饱和硼砂溶液(50 g/L), 搅拌均匀, 加 300 mL 去离子水, 沸水浴加热 15 min, 冷却, 加 5 mL 亚铁氰化钾溶液(106 g/L), 匀, 加 5 mL 乙酸锌溶液(220 g/L), 定容至 500 mL, 摇匀后放置 30 min, 4 500 r/min 离心 10 min, 得上清液。吸取 40.0 mL 上清液, 按照亚硝酸钠标准曲线测定方法进行, 根据亚硝酸盐标准曲线, 计算出亚硝酸盐含量。同时用去离子水代替样品做空白试验。

1.5 数据处理与统计分析

所有试验均重复 3 次, 采用 Microsoft Excel 2016 整理试验数据, 采用 IBM SPSS Statistics 22 统计分析试验数据, 采用 OriginPro 2017 绘图。结果以均值 \pm 标准差(Mean \pm SD)表示, 不同处理间比较采用单因素方差分析, 多重比较采用 Duncan 法, 当 $P < 0.05$ 时, 判定为显著性差异。

2 结果与分析

2.1 不同乳酸菌及其组合发酵芦笋过程中 pH 值的变化

pH 值是判别发酵程度的重要因素, 一般来说, 发酵蔬菜成熟时的 pH 值为 3.5 左右, 此时风味最佳^[13]。用 4 株乳酸菌(发酵乳杆菌 Xd、植物乳杆菌 5-7-3、德氏乳杆菌保加利亚亚种 Y430、副干酪乳杆菌 Yd)及其 6 种双菌株组合(Yd+Xd、Yd+Y430、Yd+5-7-3、Xd+Y430、Xd+5-7-3、Y430+5-7-3)在 30 °C 条件下发酵芦笋 12 d, 每 2 d 测定发酵芦笋的 pH 值, 其 pH 值变化情况如图 1 所示。

由图 1 可知, 芦笋 pH 值随着发酵时间的延长出现下降趋势。自然发酵芦笋的 pH 值缓慢下降, 其 pH

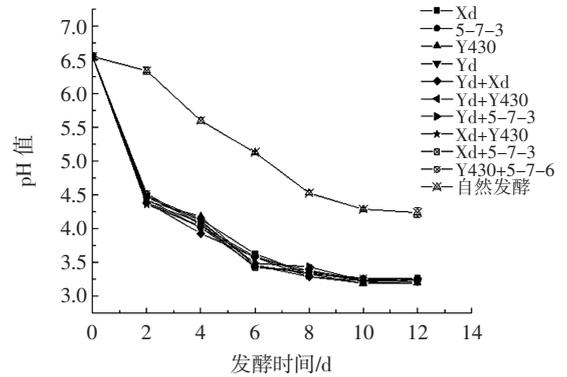


图 1 不同乳酸菌及其组合发酵芦笋过程中 pH 值的变化

Fig.1 Changes of pH value during fermentation of asparagus by different *Lactobacillus* and their combinations

值从 6.55 下降至 4.24。乳酸菌发酵芦笋的 pH 值快速下降, 在发酵前 8 d, pH 值快速从 6.55 下降至 3.44, 此时乳酸菌发酵芦笋已经开始成熟, 在发酵 8 d~12 d, pH 值趋于稳定, 其范围为 3.19~3.44。不同乳酸菌及其组合发酵芦笋之间的 pH 值无显著性差异($P > 0.05$)。

2.2 不同乳酸菌及其组合发酵芦笋过程中总酸的变化

总酸是判别发酵程度的另一个重要因素, 发酵蔬菜的最适总酸范围为 6 g/kg~8 g/kg, 此时口感最佳^[13]。用 4 株乳酸菌及其 6 种双菌株组合在 30 °C 条件下发酵芦笋 12 d 的总酸含量变化情况如图 2 所示。

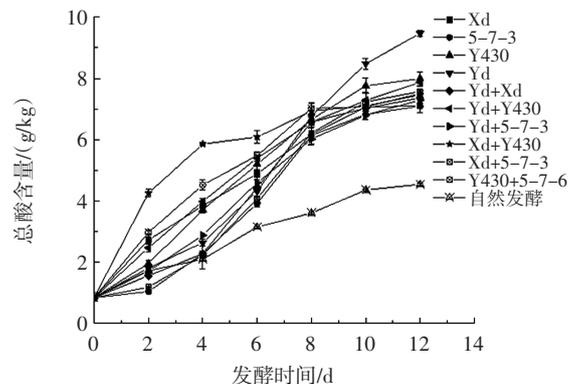


图 2 不同乳酸菌及其组合发酵芦笋过程中总酸的变化

Fig.2 Changes of total acid during fermentation of asparagus by different *Lactobacillus* and their combinations

由图 2 可知, 发酵芦笋的总酸含量在发酵前期快速上升, 而在发酵后期, 其总酸含量趋于稳定。自然发酵芦笋的总酸含量上升最缓慢, 在发酵 12 d 期间, 从 0.84 g/kg 增加到 4.54 g/kg, 酸度不足, 发酵芦笋不能达到最佳口感。除了 Yd 发酵芦笋外, 乳酸菌发酵芦笋的总酸在发酵 8 d~12 d 期间趋于稳定, 其总酸含量处于 6 g/kg~8 g/kg, 此时发酵芦笋口感最佳。乳酸菌发酵芦笋在发酵 8 d 时均已经开始成熟。而 Yd 发酵芦笋的

总酸含量在发酵后期仍快速增加,在发酵 10 d 时为 8.48 g/kg(>8 g/kg),口感已经不是最佳。

2.3 不同乳酸菌及其组合发酵芦笋过程中抗坏血酸的变化

抗坏血酸是芦笋中含量较高的维生素,是一种高效抗氧化剂,其含量影响芦笋的抗氧化能力。用 4 株乳酸菌及其 6 种双菌株组合在 30 °C 条件下发酵芦笋 12 d 的抗坏血酸含量变化情况如图 3 所示。

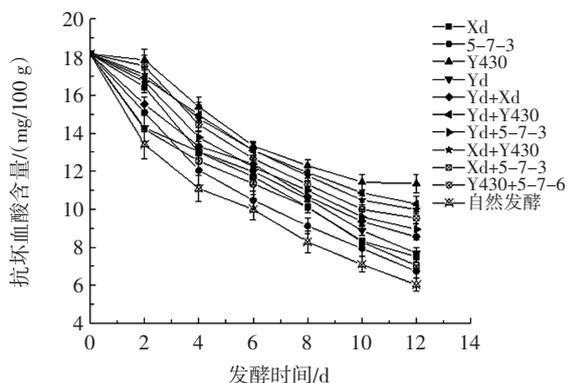


图 3 不同乳酸菌及其组合发酵芦笋过程中抗坏血酸的变化

Fig.3 Changes of ascorbic acid during fermentation of asparagus by different *Lactobacillus* and their combinations

由图 3 可知,在整个发酵期间,发酵芦笋中的抗坏血酸含量均呈现下降趋势。其可能是原料中的抗坏血酸渗透到发酵液中而流失或被氧化而减少^[14],这与白菜发酵过程的抗坏血酸含量研究^[15]和辣椒腌制过程的抗坏血酸含量研究的结果一致^[16]。自然发酵的抗坏血酸含量下降最快,从 18.17 mg/100 g 下降至 6.03 mg/100 g。乳酸菌发酵芦笋的抗坏血酸含量始终高于自然发酵。Y430 发酵芦笋的抗坏血酸含量最高,在发酵 12 d 时仍保留 11.35 mg/100 g, Yd+Y430 发酵芦笋的抗坏血酸含量仅低于 Y430 发酵组,在所有乳酸菌组合发酵芦笋中最高,在发酵 12 d 时,其抗坏血酸含量为 10.28 mg/100 g。

2.4 不同乳酸菌及其组合发酵芦笋过程中黄酮的变化

黄酮是一种功能性很强的抗氧化剂,其含量同样影响芦笋的抗氧化能力。用 4 株乳酸菌及其 6 种双菌株组合在 30 °C 条件下发酵芦笋 12 d 的黄酮含量变化情况如图 4 所示。

由图 4 可知,自然发酵芦笋的黄酮含量在发酵前 8 d 一直低于乳酸菌发酵组,其在发酵 0~2 d 下降至 7.499 mg/100 g,在发酵 2 d~8 d 上升至 3.668 mg/100 g,在发酵 8 d~12 d 保持稳定。乳酸菌发酵芦笋的黄酮含量在整个发酵期间均呈现先上升后下降趋势,其在发酵 8 d 时达到最大值, Y430 和 Yd+Y430 发酵芦笋的黄

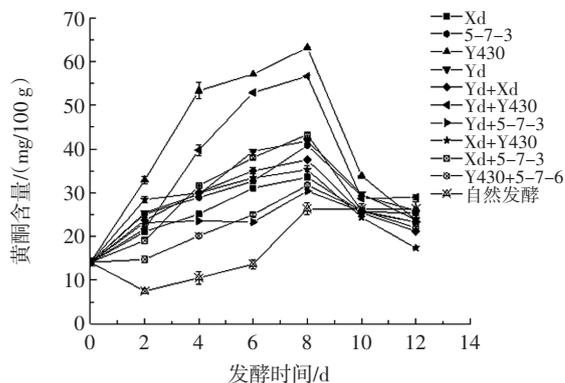


图 4 不同乳酸菌及其组合发酵芦笋过程中黄酮的变化

Fig.4 Changes of flavonoids during fermentation of asparagus by different *Lactobacillus* and their combinations

酮含量明显高于其他发酵组,分别为 63.174 mg/100 g 和 56.622 mg/100 g。在发酵前期,可能是乳酸菌发酵能够产生多种酶,促进黄酮合成^[17]。在发酵后期,可能是发酵产酸导致强酸环境,黄酮在强酸环境中不稳定而被分解^[18]。

2.5 不同乳酸菌及其组合发酵芦笋过程中亚硝酸盐的变化

亚硝酸盐是一种强毒性物质,可与仲胺反应生成致癌物亚硝胺^[8]。在食品安全国家标准中,蔬菜及其制品和腌渍蔬菜的亚硝酸盐限量为 20 mg/kg^[19]。用 4 株乳酸菌及其 6 种双菌株组合在 30 °C 条件下发酵芦笋 12 d 的亚硝酸盐含量变化情况如图 5 所示。

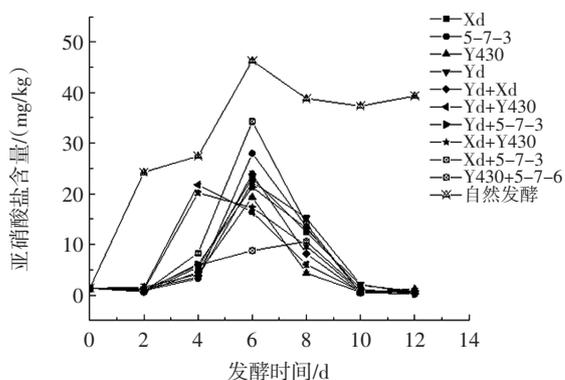


图 5 不同乳酸菌及其组合发酵芦笋过程中亚硝酸盐的变化

Fig.5 Changes of nitrite during fermentation of asparagus by different *Lactobacillus* and their combinations

由图 5 可知,最初芦笋原料的亚硝酸盐含量很低,只有 1.34 mg/kg,在整个发酵期间,发酵芦笋的亚硝酸盐含量呈先上升后下降趋势,出现亚硝峰,这可能是植物中存在的硝酸还原酶所致^[20-21]。自然发酵芦笋在发酵 6 d 时出现亚硝峰,其峰值为 46.32 mg/kg,发酵 6 d 后,其亚硝酸盐含量一直维持较高水平,在发酵 12 d

时为 39.33 mg/kg。乳酸菌发酵芦笋的亚硝酸盐含量在整个发酵期间明显低于自然发酵,在发酵 8 d 时,乳酸菌发酵芦笋的亚硝酸盐均低于 20 mg/kg,达到食用安全期。Yd+Y430 和 Xd+Y430 发酵芦笋的亚硝峰提前出现在发酵 4 d 时,其亚硝酸盐峰值分别为 21.80 mg/kg 和 20.20 mg/kg,其食用安全期也提前至发酵 6 d,此时其亚硝酸盐含量分别为 16.36 mg/kg 和 17.27 mg/kg (< 20 mg/kg); Y430 和 Y430+5-7-3 发酵芦笋的亚硝酸盐峰值分别为 19.33 mg/kg 和 10.61 mg/kg (< 20 mg/kg),一直处于在食品安全国家标准的亚硝酸盐限量内,所以 Y430 和 Y430+5-7-3 发酵芦笋无亚硝酸盐危害。

3 讨论

乳酸菌发酵蔬菜有利于改善风味,抑制杂菌生长,提高产品安全性^[13]。本文采用 4 株乳酸菌及其 6 种双菌组合发酵绿芦笋,从产酸能力来看,4 株乳酸菌和 6 种双菌组合均具有迅速发酵能力,使 pH 值快速降低而总酸含量快速升高,使产品快速达到风味最佳时要求的外部条件,同时,后期的酸性环境也可抑制杂菌的生长。乳酸菌发酵芦笋的 pH 值和总酸含量在发酵 8 d~12 d 期间趋于稳定,这可能是乳酸菌在前期快速生长产生大量乳酸而在后期受到强酸环境抑制而减少甚至停止产酸^[6,23]。

从营养与功能成分来看,4 株乳酸菌和 6 种双菌组合均具有改善营养与功能成分能力,乳酸菌发酵芦笋中抗坏血酸和类黄酮含量均高于自然发酵芦笋,有利于增强发酵芦笋的抗氧化性。Y430 和 Yd+Y430 发酵芦笋的抗坏血酸含量和类黄酮峰值含量明显高于其他乳酸菌及其双菌组合发酵。这表明 Y430 和 Yd+Y430 对抗坏血酸的抑制作用和对类黄酮合成的促进作用最强。

从安全性来看,4 株乳酸菌和 6 种双菌组合均具有降解亚硝酸盐能力,乳酸菌发酵芦笋的亚硝酸盐含量明显低于自然发酵,有利于提高发酵芦笋的安全性。乳酸菌降解亚硝酸盐机理主要是酶降解和酸降解两种^[24]。乳酸菌生长代谢能够产生亚硝酸盐还原酶,促使亚硝酸盐进行酶降解^[25]。乳酸菌快速产酸,促使亚硝酸盐进行酸降解^[26]。另外,与其他菌株发酵相比,Y430 和 Yd+Y430 发酵芦笋中亚硝酸盐含量也较低,这可能是因其抗坏血酸和高酚含量较高,具有还原性的抗坏血酸和类黄酮也能够降解亚硝酸盐^[27-28]。

4 结论

本文采用 4 株乳酸菌及其 6 种双菌组合发酵绿芦笋,结果显示:乳酸菌发酵芦笋的产酸能力、降解亚硝

酸盐能力、抗坏血酸和类黄酮含量均高于自然发酵,其中 Y430 和 Yd+Y430 分别是芦笋发酵的最佳单菌和最佳双菌组合,芦笋发酵的最佳时间为 8 d。为人工接种发酵芦笋运用到工业化生产中提供一定的理论依据。

参考文献:

- [1] HAMD I A, JARAMILLO-CARMONA S, SRAIRI BEJI R, et al. The phytochemical and bioactivity profiles of wild *Asparagus albus* L. plant[J]. Food Research International, 2017, 99(1): 720-729
- [2] 许荣华, 乔支红, 朱莉, 等. 芦笋茶冲泡工艺及抗氧化活性的研究[J]. 农产品加工, 2016(7): 40-43
- [3] 李华, 冀照君, 王华, 等. 凝固型冷冻芦笋酸奶的工艺优化[J]. 中国乳品工业, 2014, 42(2): 60-64
- [4] 刘义, 姚朗, 胡锦涛, 等. 植物乳杆菌 L-YL 发酵藏红花芦笋复合饮品的研制[J]. 中国酿造, 2017, 36(11): 165-169
- [5] 嘉兴市秀水美地有机农产品有限公司. 一种芦笋酒制作工艺: CN201810024895.0[P]. 2018-04-06
- [6] 鲁博. 我国芦笋产业的发展现状及发展趋势[J]. 上海蔬菜, 2018(4): 3-4, 12
- [7] 马霞, 韩迪, 张吉, 等. 乳酸菌在发酵果蔬中的应用[J]. 中国乳品工业, 2013, 41(1): 40-42, 64
- [8] 韦宗卉. 乳酸菌发酵对辣椒酱品质影响的研究[D]. 扬州:扬州大学, 2017
- [9] 国家质量监督检验检疫总局. GB/T 12456-2008 食品中总酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008
- [10] 国家卫生和计划生育委员会. GB 5009.86-2016 食品安全国家标准 食品中抗坏血酸的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016
- [11] 刘树兴, 魏丽娜, 李红. 超声法提取芦笋老茎中类黄酮物质的研究[J]. 食品科学, 2006, 27(11): 360-363
- [12] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. 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]. 北京: 中国标准出版社, 2016
- [13] 马艳弘, 魏建明, 侯红萍, 等. 发酵方式对山药泡菜理化特性及微生物变化的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(17): 179-184
- [14] 姜雪晶, 孙庆申, 吴桐, 等. 混和乳酸菌发酵对酸菜品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(5): 126-131
- [15] C MARTINEZ-VILLALUENGA, E PEÑAS, FRIAS J, et al. Influence of Fermentation Conditions on Glucosinolates, Ascorbigen, and Ascorbic Acid Content in White Cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata* cv. Taler) Cultivated in Different Seasons[J]. Journal of Food Science, 2009, 74(1): 6
- [16] PARK J, KIM S, MOON B K. Changes in Carotenoids, Ascorbic Acids, and Quality Characteristics by the Pickling of Paprika (*Capsicum Annuum* L.) Cultivated in Korea[J]. Journal of Food Science, 2011, 76(7): 6
- [17] 魏朝治, 辛雪, 陈蕾蕾, 等. 乳酸菌在类黄酮类化合物生物转化中的应用[J]. 中国酿造, 2016, 35(10): 13-17
- [18] 南海娟, 郭延成, 颜振敏, 等. 榭树叶类黄酮类化合物的提取及稳定性[J]. 食品与发酵工业, 2013, 39(4): 234-237
- [19] I NOUECHOI M, SINHA R, GIERACH G L, et al. Red and processed

包装袋种类对西式培根冷却贮藏期间品质变化的影响

商旭¹, 曹传爱¹, 张一敏², 孔保华¹, 刘骞^{1*}

(1. 东北农业大学 食品学院, 黑龙江 哈尔滨 150030; 2. 山东农业大学 食品科学与工程学院, 山东 泰安 271018)

摘要: 以不同种类的包装袋[如尼龙-聚乙烯袋(polyamide/polyeth, PA/PE)、偏二氯乙烯袋(polyvinylidene chloride, PVDC)、镀氧化硅袋]真空包装西式培根, 研究其在冷却贮藏(4℃, 45d)过程中品质的变化。通过测定西式培根水分含量、水分活度(water activity, Aw)、pH值、颜色、硫代巴比妥酸值(thiobarbituric acid, TBARS)、挥发性盐基氮(total volatile base-nitrogen, TVB-N)以及菌落总数与大肠杆菌数等指标。研究表明, 3种包装袋真空包装的西式培根在贮藏过程中的水分含量、Aw值以及颜色变化不显著($P>0.05$)。同时, 利用镀氧化硅袋真空包装的西式培根在第45天已经发生腐败现象, 其pH值和TVB-N显著高于其他组($P<0.05$)。另外, 利用PA/PE袋真空包装的西式培根的TBARS值和TVB-N值显著低于其他组($P<0.05$), 且菌落总数和大肠杆菌数也显著低于其它组($P<0.05$)。因此, PA/PE袋真空包装的西式培根能够有效保持西式培根在冷却贮藏过程中的品质, 为选择合适的西式培根包装袋奠定了理论基础。

关键词: 西式培根; 包装材料; 品质; 菌落总数; 大肠杆菌数

Effects of Different Type of Packaging Bags on Quality Changes of Western Bacon during Chilling Storage

SHANG Xu¹, CAO Chuan-ai¹, ZHANG Yi-min², KONG Bao-hua¹, LIU Qian^{1*}

(1. College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, Heilongjiang, China;

2. College of Food Science and Engineering, Shandong Agricultural University, Taian 271018,

Shandong, China)

Abstract: The effect of different type of vacuum packaging bags, such as polyamide/polyethylene (PA/PE), polyvinylidene chloride (PVDC) and silicon oxide plating on the quality change of western bacon were

基金项目:“十三五”国家重点研发计划项目(2018YFD0401200)

作者简介:商旭(1994—),女(汉),硕士研究生,研究方向:畜产品加工。

* 通信作者:刘骞(1981—),男(汉),教授,博士,研究方向:畜产品加工。

- meat, nitrite, and heme iron intakes and postmenopausal breast cancer risk in the NIH-AARP diet and health study[J]. International Journal of Cancer, 2016, 138(7): 1609
- [20] 国家卫生和计划生育委员会, 国家食品药品监督管理总局. GB 2762-2017 食品安全国家标准 食品中污染物限量 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2017
- [21] NYGREN C M, EBERHARDT U, KARLSSON M, et al. Growth on nitrate and occurrence of nitrate reductase-encoding genes in a phylogenetically diverse range of ectomycorrhizal fungi[J]. New Phytologist, 2008, 180(4): 875-889
- [22] WALKER R. Naturally occurring nitrate/nitrite in foods[J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2010, 26(11): 1735-1742
- [23] LIU Y. Characterization of *Lactobacillus pentosus* as a starter culture for the fermentation of edible oyster mushrooms (*Pleurotus* spp.)[J]. LWT - Food Science and Technology, 2016, 68: 21-26
- [24] 凌洁玉, 陈旭, 陈思羽, 等. 植物乳杆菌降解亚硝酸盐及其亚硝酸盐还原酶的研究[J]. 中国调味品, 2017, 42(7): 72-75, 89
- [25] LIU D, WANG P, ZHANG X, et al. Characterization of nitrite degradation by *Lactobacillus casei* subsp. *rhamnosus* LCR 6013[J]. Plos One, 2014, 9(4): e93308
- [26] P CHEN, Q ZHANG, H DANG, et al. Screening for potential new probiotic based on probiotic properties and α -glucosidase inhibitory activity[J]. Food Control, 2014(1): 65-72
- [27] 詹秀环, 王子云, 苏亚娟. 模拟胃液条件下维生素C对蔬菜亚硝酸盐含量的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(2): 312-314
- [28] 王晓波, 李金芳, 王梅, 等. 山竹壳总黄酮抗氧化及抑制亚硝化作用研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(6): 9-13

收稿日期:2018-11-17