

牡丹提取物及乳酸菌替代低温火腿肠中亚硝酸盐的研究

Study on replacement of nitrite by peony extract and lactic acid bacteria in low-temperature emulsion sausage

袁玲^{1,2,3} 诸葛斌^{1,2,3} 于司达^{1,2,3} 宗红^{1,2,3} 陆信曜^{1,2,3}

YUAN Ling^{1,2,3} ZHU-GE Bin^{1,2,3} YU Si-da^{1,2,3} ZONG Hong^{1,2,3} LU Xin-yao^{1,2,3}

(1. 江南大学糖化学与生物技术教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122; 2. 江南大学工业生物技术教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122; 3. 江南大学生物工程学院工业微生物研究中心, 江苏 无锡 214122)

(1. *The Key Laboratory of Carbohydrate Chemistry and Biotechnology, Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China*; 2. *The Key Laboratory of Industrial Biotechnology, Ministry of Education, Wuxi, Jiangsu 214122, China*; 3. *Research Centre of Industrial Microbiology, School of Biotechnology, Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China*)

摘要:研究了牡丹提取物及乳酸菌发酵液替代亚硝酸钠对低温火腿肠颜色、质构、脂质氧化程度、菌落总数及风味的影响。结果表明,0.3%牡丹提取物和3%乳酸菌发酵液可替代低温火腿肠中2/3亚硝酸钠用量,其火腿肠红度值(a^*)及脂肪氧化程度与添加150 mg/kg亚硝酸钠效果相当,且能保持火腿肠良好的质构特性;添加牡丹提取物及乳酸菌发酵液,可使火腿肠菌落总数显著降低($P < 0.05$),延长火腿肠货架期。与空白对照相比,复配火腿肠中醛类和酮类物质相对含量降低,酸类、酯类等挥发性风味物质相对含量增加较为显著,其中己酸乙酯含量提高了1.7倍;2-戊基呋喃和麦芽酚等其它风味物质相对含量亦有所升高,总体感官评价较好。

关键词:牡丹提取物;乳酸菌发酵液;亚硝酸盐

Abstract: The effects of peony extracts and lactobacillus fermentation broth as nitrite substitute were investigated on color, texture characteristics, lipid-oxidation, microbiological properties and flavor of low-temperature emulsion sausages. The results showed that 0.3% peony extracts and 3% lactobacillus fermentation broth could replace two-thirds of dosage of sodium nitrite in low-temperature emulsion sausages, and its redness value (a^*) and the degree of fat oxidation were similar to the effect of sausage with 150 mg/kg sodium nitrite, which could maintain good texture characteristics of the sausage. In

addition, the total bacteria number of sausage containing peony extract and lactobacillus fermentation broth was significantly reduced ($P < 0.05$), which could prolong the shelf life of sausages to some extent. Compared with the blank control, the relative content of aldehydes and ketones decreased and the relative content of volatile flavor compounds such as acids and esters increased more significantly in compound sausage, in which the relative content of ethyl caproate increased 1.7 times. In addition, the relative contents of flavor substances such as 2-pentylfuran and maltol also increased, and its sensory evaluation was better.

Keywords: peony extract; lactobacillus fermentation; nitrite

低温肉制品因其最大限度地保留了原料肉的风味物质、营养成分及其良好的口感而受到青睐,是未来熟食肉制品发展的方向。亚硝酸盐长期以来作为发色剂应用于肉制品,其优点是可使肉制品呈现鲜艳的亮红色,抑制脂质氧化,还具有抑制肉毒杆菌及增强风味的作用,但亚硝酸盐可以和仲胺类物质反应生成强致癌物亚硝胺^[1-2],对人体健康产生威胁,因此替代肉制品中亚硝酸盐一直是人们研究的热点。

天然提取物来源安全,且大部分具有重要的生理功能^[3],已被用于食品、化妆品以及药品等领域,近年来利用天然提取物替代亚硝酸盐在肉制品中的发色和抗氧化作用的研究亦有进展。Riazi等^[4]研究发现在牛肉火腿肠中添加1%的红葡萄果渣可以替代牛肉肠中60%的亚硝酸钠使用量,黄度值(b^*)和亮度值(L^*)降低,而抗氧化作用不受影响;Sabrine等^[5]使用墨角藻黄素将香肠中亚硝酸钠使用量由150 mg/kg降至80 mg/kg,且抗氧化效果、火腿肠红度值

基金项目: 国家科技支撑计划(编号:2015BAD16B00, 2015BAD16B01)

作者简介: 袁玲,女,江南大学在读硕士研究生。

通信作者: 诸葛斌(1969—),男,江南大学教授,博士。

E-mail: bzhuge@163.com

收稿日期: 2018-06-18

与使用 150 mg/kg 亚硝酸钠的效果相近。

牡丹提取物是由干燥的牡丹花苞采用乙醇提取法制备而成,含有芍药素-3,5-O-二葡萄糖苷、天竺葵色素-3,5-O-二葡萄糖苷等多种花色苷类天然色素,具有很强的抗氧化性^[6],但在肉制品中的应用研究尚未有报道,另外,乳酸菌是当今国际公认的食品安全级微生物,在发酵过程中能大量产生乳酸、酒石酸和柠檬酸等有机酸,这些有机酸除具有天然防腐抑菌作用外,还能赋予食品柔和的酸味和香气,具有改善食品风味、增强营养等功能^[7-8]。因此,本研究拟利用牡丹提取物及乳酸菌发酵液代替低温肉制品中的部分亚硝酸盐,考察其对火腿肠颜色、质构、脂质氧化程度、微生物菌落总数和风味的影响,为实现低硝低温肉制品的生产提供参考。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;仪器

1.1.1 材料与amp;试剂

猪瘦肉、肥肉、盐、蔗糖、复合磷酸盐、味精、五香粉、料酒:购自无锡市欧尚超市;

小麦淀粉、大豆分离蛋白:江苏全盈生物科技公司;

Nisin:效价 2×10^6 IU/mg,兰州伟日生物工程有限公司;

牡丹花苞:洛阳红,河南洛阳;

葡萄糖、乙酸钠、柠檬酸氢二铵、乙醇、2-巯代巴比妥酸、 $K_2HPO_4 \cdot H_2O$ 、 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 、 $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ 、EDTA、三氯乙酸等试剂:国产分析纯;

牡丹提取物:采用乙醇提取法[乙醇体积分数为 95%、温度为 70~80 °C、料液比 1:10(g/mL)的条件下回流提取 2 h]从干燥的洛阳红牡丹花苞中提取并冷冻干燥成冻干粉。

1.1.2 菌株及培养基

短乳杆菌(*Lactobacillus brevis*):由本研究室分离获得并保存;

MRS 培养基:葡萄糖 20.0 g、牛肉膏 10.0 g、蛋白胨 10.0 g、乙酸钠 5.0 g、酵母膏 5.0 g、柠檬酸氢二铵 1.45 g、吐温 80 1.0 g、 $K_2HPO_4 \cdot H_2O$ 2.6 g、 $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.58 g、 $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ 0.25 g、去离子水 1 000 mL,pH 6.2~6.4。

1.1.3 仪器

蒸汽灭菌锅:YXQ-LS-50S11 型,上海博迅实业有限公司;

电热恒温培养箱:GNP-9080 型,上海精宏实验设备有限公司;

高速冷冻离心机:Thermos-21R 型,上海沪粤明科学仪器有限公司;

ISQ 单四级杆气质联用仪:Trace1310-ISQ LT 型,美国赛默飞世尔科技公司;

物性分析仪:TA.XT Plus 型,英国 SMS 公司;

高精度分光测色仪:UltraScan Pro1166 型,美国 Hunterlab 公司。

1.2 方法

1.2.1 乳酸菌发酵液制备

将 *Lactobacillus brevis* 活化后

以 2% 的接种量接种于 100 mL 的 MRS 液体培养基中,37 °C 培养 48 h 后将发酵液(pH 为 4.3 ± 0.1)于 4 °C、8 000 r/min 离心 3 min,收集上清后 4 °C 冰箱保存备用。

1.2.2 低温火腿肠配方及制作流程

(1) 配方:猪瘦肉 38%、肥肉 17%、淀粉 10%、大豆分离蛋白 4%、盐 1.8%、冰水 25%、蔗糖 0.7%、复合磷酸盐 0.04%、味精 0.6%、五香粉 0.14%、料酒 2.5%(按火腿肠总重计)。

(2) 工艺流程:

绞肉→腌制(加入盐、蔗糖、味精和料酒等调料,4 °C 腌制 2 h)→搅拌(加入淀粉、冰水和大豆分离蛋白)→灌肠→蒸煮(90 °C,30 min)→冷却至肠心温度低于 20 °C

1.2.3 试验设计 本研究共设置 5 个处理组,包括空白对照(不添加乳酸菌发酵液、牡丹提取物和亚硝酸钠)、阳性对照组(添加 150 mg/kg 亚硝酸钠)和 3 个试验组(以 0.3% 牡丹提取物和 3% 乳酸菌发酵液分别替代阳性对照组 1/3、1/2 和 2/3 的亚硝酸钠用量);另外在测定火腿肠菌落总数时添加 500 mg/kg Nisin 试验组作为对比。火腿肠制备完成后,置于 37 °C 条件下储藏 21 d(经阿伦尼乌斯方程 Arrhenius equation 换算此储藏条件相当于 4 °C 条件下的 194 d)备用检测。

1.2.4 火腿肠颜色的测定 将火腿肠切成约 1 cm 高的圆柱体,采用高精度分光测色仪测定火腿肠截面红度值(a^*),每组重复 6 次。

1.2.5 火腿肠质构的测定 参照文献[9]。

1.2.6 火腿肠中菌落总数的测定 参照 GB 4789.2—2016《食品卫生微生物学检验 菌落总数测定》的方法。

1.2.7 硫代巴比妥酸反应物(TBARS)的测定 参照文献[10]。

1.2.8 固相微萃取气质联用技术(SPME-GC-MS)测定火腿肠挥发性风味物质

(1) 顶空固相萃取条件:在 15 mL 的顶空瓶中装入 3 g 切碎的样品,在 60 °C 下顶空吸收 40 min,250 °C 下解吸 2 min。

(2) 色谱条件:色谱柱为 TG-5 石英毛细柱(30 m × 0.25 mm,0.25 μm);载气(He)流速 3.5 mL/min;进样品和接口温度 250 °C;升温程序:60 °C 保持 2 min,以 5 °C/min 升至 100 °C,保持 5 min,再以 10 °C/min 升至 200 °C,保持 7 min;不分流进样。

(3) 质谱条件:电子轰击离子源(EI);电子能量 70 eV;发射电流 200 μA;离子源温度 230 °C;四级杆温度 150 °C;激活电压 350 V;质量扫描范围 m/z 33~450^[11]。

1.2.9 感官评定 由具有感官评定经验的 10 位人员组成评定小组,其中 5 位女性、5 位男性。采用盲评计分方式及排序法对火腿肠的感官指标进行评价。每个评定成员单独进行,相互不接触交流,样品评定之前用清水漱口。感官评价内容见表 1,计分标准为 10 分制,并使用 Excel 软件将评分制成雷达图。

表 1 感官评定内容

Table 1 Contents of sensory evaluation of sausages

色泽	质地	弹性	口感	风味	总体接受性
观察产品着色情况,产品是否呈现肉红色,色泽是否均匀变色	切面是否平整,有无大的气泡	手感厚实度、松软度,按压后是否复原	产品是否粗糙有粉感,咀嚼性、硬度、嫩度是否良好	产品有无异味及特有的肉香味、是否油腻	成品整体感官是否能接受

1.3 数据处理

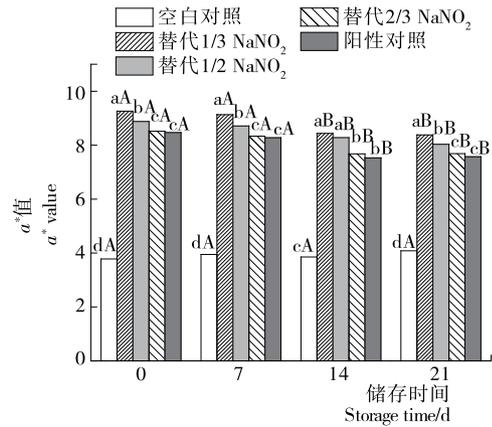
根据气相质谱所得的谱图,结合保留指数和数据库检索对样品中挥发性成分进行定性分析,通过面积归一化求得各化学成分在该样品挥发性风味物质中的相对含量;试验数据均使用 Excel、SPSS 22 统计软件,通过单因素方差(one-way ANOVA)、Fisher LSD 分析均值间差异,以 $P < 0.05$ 判断差异显著性。

2 结果与讨论

2.1 牡丹提取物及乳酸菌发酵液对低温火腿肠红度值(a^*)及质构的影响

红度值(a^*)是描述肉制品颜色特征的重要参数^[12],为研究牡丹提取物和乳酸菌发酵液替代部分亚硝酸钠对火腿肠颜色的影响,利用测色仪对火腿肠 a^* 值进行测定,结果如图 1 所示。牡丹提取物和乳酸菌发酵液替代亚硝酸钠火腿肠的 a^* 值均显著高于空白对照($P < 0.05$),替代 1/3、1/2 亚硝酸钠火腿肠的 a^* 值显著高于阳性对照,替代 2/3 亚硝酸钠火腿肠的 a^* 值与阳性对照相近,这是由于有色物质的添加,会改变火腿肠的颜色状态^[13],牡丹提取物中富含多种花色苷类天然色素^[14],对火腿肠红度有一定促进作用。在储藏过程中,由于火腿肠中脂肪及肌红蛋白等物质的氧化,除了空白对照,其它处理组的 a^* 值均有所降低(差值 < 2),与 Riazi 等^[15]使用红葡萄果渣替代亚硝酸钠的研究结果相似。但 Savadkoochi 等^[16]发现当颜色测定参数差值 > 2 时才会引起视觉上的显著差异,因此,牡丹提取物和乳酸菌发酵液替代亚硝酸钠火腿肠和阳性对照的 a^* 值降低并不会引起感官评定上颜色的显著差异。储藏后期,各处理组火腿肠 a^* 值趋于稳定,牡丹提取物和乳酸菌发酵液替代 2/3 亚硝酸钠火腿肠 a^* 值与阳性对照相近。

质构是评价火腿肠品质的一个重要指标,由表 2 可知,以牡丹提取物及乳酸菌发酵液替代不同量的亚硝酸钠,火腿肠的硬度、弹性、胶黏性、咀嚼度和恢复性均无显著变化($P < 0.05$)。因此,以牡丹提取物和乳酸菌发酵液替代 2/3 用量的亚硝酸钠,可使火腿肠颜色达到 150 mg/kg 亚硝酸钠的发色



不同小写字母表示同一贮藏时间不同样品之间差异显著($P < 0.05$);不同大写字母表示同一样品不同贮藏时间之间差异显著($P < 0.05$)

图 1 不同火腿肠颜色的变化

Figure 1 Color p parameters of different emulsion sausages

效果且不改变火腿肠良好的质构特性。

2.2 牡丹提取物及乳酸菌发酵液对低温火腿肠脂质氧化的影响

为考察火腿肠脂质氧化情况,在储藏期间对硫代巴比妥酸反应物(TBARS)含量进行测定,TBARS 值越小,脂质氧化形成的丙二醛量越少,说明样品的脂质氧化程度越低。如图 2 所示,随着储藏时间的延长,各组火腿肠 TBARS 值不断升高,空白对照组上升最快,替代 1/3、1/2 和 2/3 亚硝酸钠火腿肠增长速度相对缓慢。与空白对照相比,添加了牡丹提取物及乳酸菌发酵液的火腿肠 TBARS 值均显著降低($P < 0.05$),其中,替代 1/3 和 1/2 亚硝酸钠火腿肠的 TBARS 值显著低于阳性对照,替代 2/3 亚硝酸钠火腿肠的 TBARS 值与阳性对照相近,这是由于牡丹提取物中含有大量的花青素和没食子酸等多酚物质,活性酚羟基能够释放氢离子,从而破坏氧化链式反应,降低脂肪氧化水平^[6,17]。李玉邯等^[18]在腊肉中添加鼠尾草提取物(富含多酚类物质),也可有效降低腊肉的 TBARS 值,抑制其脂肪氧化。为使亚硝酸钠添加量降到最低,此处选择替代低温火腿肠中 2/3 亚硝酸钠用量。

表 2 不同火腿肠的质构特性

Table 2 Texture characteristics of different emulsion sausages

处理组	硬度/g	弹性	内聚力	胶黏性	咀嚼度	恢复性
空白对照	12 781±289	0.90±0.02	0.74±0.02	9 459±112	8 499±84	0.37±0.01
替代 1/3 NaNO ₂	12 323±332	0.90±0.02	0.73±0.01	10 448±220	9 432±102	0.36±0.00
替代 1/2 NaNO ₂	12 968±412	0.89±0.01	0.70±0.02	9 820±265	8 720±97	0.34±0.01
替代 2/3 NaNO ₂	12 229±521	0.87±0.01	0.70±0.01	9 964±321	8 676±141	0.34±0.01
阳性对照	12 647±402	0.89±0.01	0.74±0.02	9 363±302	8 339±119	0.36±0.01

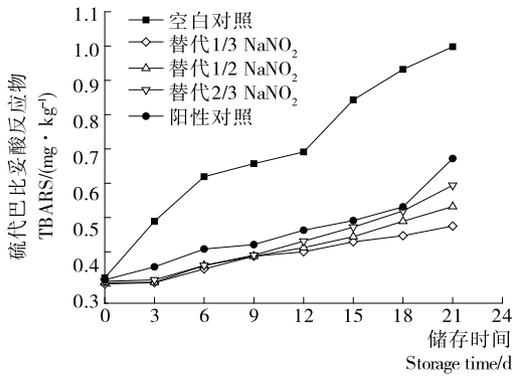


图2 不同火腿肠 TBARS 值的变化

Figure 2 Variation of TBARS values of different emulsion sausages

综上,牡丹提取物和乳酸菌发酵液在低温火腿肠中具有与亚硝酸盐相当的发色和抗氧化作用,可选择替代 2/3 亚硝酸钠使用量,使亚硝酸钠添加量由 150 mg/kg 降至 50 mg/kg。

2.3 牡丹提取物及乳酸菌发酵液在火腿肠中的抑菌作用

为研究添加牡丹提取物和乳酸菌发酵液替代 2/3 亚硝酸钠对火腿肠的抑菌效果,以目前火腿肠中普遍使用的生物防腐剂 Nisin 为对照,添加量选取 Nisin 国家标准规定的最大限量 500 mg/kg,对火腿肠中的菌落总数进行测定,结果如图 3 所示。在 37 °C 储藏条件下,复配火腿肠(替代 2/3 亚硝酸钠火腿肠)菌落总数显著低于空白对照和阳性对照($P < 0.05$);随着储存时间的延长,空白对照和阳性对照菌落总数上升趋势比较明显,复配火腿肠在前 9 d 菌落总数与添加 500 mg/kg Nisin 火腿肠相同,第 9 天后细菌菌落总数开始逐渐增加,略高于添加 500 mg/kg Nisin 的火腿肠。据 GB/T 20712—2006 规定,火腿肠内菌落总数超过 50 000 CFU/g ($\lg 50\ 000 = 4.70$),即认为是已经腐败不能食用。37 °C 条件下复配火腿肠在第 15 天(相当于 4 °C 条件下 138 d)时达到腐败水平,这主要是由于乳酸菌发酵液中的有机酸和细菌素等抑菌性物质对火腿肠中的腐败菌产生较强的抑制作用^[19-20]。另外,本实验室前期研究^[21]表明牡丹提取物对大

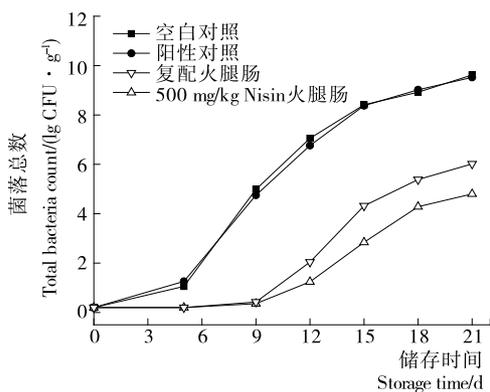


图3 不同火腿肠菌落总数的变化

Figure 3 Variation of total bacterial count of different emulsion sausages

复配火腿肠指 0.3%牡丹提取物和 3%乳酸菌发酵液替代阳性对照 2/3 亚硝酸钠使用量的火腿肠

肠杆菌、金黄色葡萄球菌和假单胞菌等腐败菌有较强的抑菌作用,且热稳定性较好,即使在 90 °C 条件下处理 30 min 抑菌活性亦不受影响。因此,牡丹提取物的添加也具有一定的抑菌作用。

2.4 牡丹提取物及乳酸菌发酵液对火腿肠风味物质的影响

采用 SPME-GC-MS 对火腿肠挥发性成分进行分析,在 3 组火腿肠中均检测出 232 种挥发性化合物,其中对火腿肠风味贡献较大的化合物及其相对含量如表 3 所示。与空白对照相比,添加牡丹提取物及乳酸菌发酵液替代 2/3 亚硝酸钠的复配火腿肠中醛类和酮类物质相对含量降低,酸类和酯类等风味物质相对含量升高。添加牡丹提取物和乳酸菌发酵液后,火腿肠中己醛、戊醛和 2,5-辛烷二酮的相对含量下降较为明显,其中己醛相对含量为 6.58%,显著低于阳性对照(9.38%),大部分醛类和酮类是脂质氧化的产物,这与试验组 TBARS 值较低的结果一致。复配火腿肠中酸类物质(如乙酸和辛酸等)含量增加,可能是加入乳酸菌发酵液中含有大量的乳酸和乙酸等有机酸,这些有机酸为火腿肠风味的改善起到一定的作用^[22]。酯类物质中,复配火腿肠的己酸

表 3 火腿肠挥发性风味物质的种类及相对含量[†]

Table 3 The variety and relative content of volatile flavor in emulsion sausages

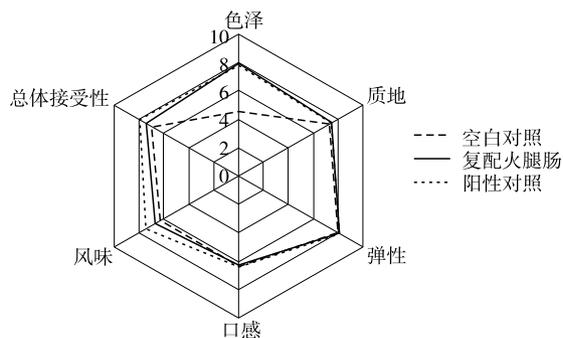
挥发性风味物质	空白对照	复配火腿肠	阳性对照
醛类化合物			
乙醛	0.22 ^a	0.13 ^b	0.28 ^a
戊醛	2.07 ^a	0.39 ^c	0.58 ^b
己醛	17.44 ^a	6.58 ^c	9.38 ^b
辛醛	0.58 ^a	0.31 ^b	0.53 ^a
壬醛	1.87 ^a	1.19 ^b	1.52 ^a
3-(羟甲基)-4-甲基己醛	0.39 ^a	0.19 ^b	0.16 ^b
酮类化合物			
庚酮	0.95 ^{ab}	0.86 ^b	1.17 ^a
2-庚酮	0.92 ^b	1.27 ^{ab}	1.59 ^a
L-葑酮	0.16 ^c	0.24 ^b	0.33 ^a
丙酮	0.18 ^a	0.06 ^b	nd ^c
2,5-辛烷二酮	1.05 ^a	0.07 ^b	0.08 ^b
6-甲基-5-庚烯-2-酮	0.09 ^b	0.19 ^a	0.19 ^a
酸类化合物			
乙酸	0.16 ^c	0.39 ^a	0.27 ^b
己酸	2.02 ^b	3.31 ^a	3.33 ^a
辛酸	0.09 ^c	0.44 ^a	0.29 ^b
酯类化合物			
己酸乙酯	1.14 ^b	3.05 ^a	2.59 ^a
(S)-乳酸乙酯	1.19 ^b	2.79 ^a	2.44 ^a
辛酸乙酯	0.17 ^b	0.42 ^a	0.40 ^a
(L)-2-羟基丙酸乙酯	0.17 ^b	0.54 ^a	0.58 ^a
2-戊基咪喃	nd ^b	1.72 ^a	1.81 ^a
其它			
2-乙基咪喃	0.10 ^c	0.14 ^b	0.21 ^a
麦芽酚	0.11 ^b	0.44 ^a	nd ^c

[†] 复配火腿肠指 0.3%牡丹提取物和 3%乳酸菌发酵液替代阳性对照 2/3 亚硝酸钠使用量的火腿肠;“nd”表示未检测到;同行不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。

乙酯相对含量为 3.05%, 高于空白对照和阳性对照组的 1.14% 和 2.59%, 己酸乙酯具有强烈的曲香香气和令人愉快的苹果、菠萝和香蕉样的果香, 是腊肠的主体风味物质之一^[23]。另外, 复配火腿肠中 2-戊基呋喃和麦芽酚相对含量分别为 1.72% 和 0.44%, 均高于空白对照组, 2-戊基呋喃具有豆香、果香及类似蔬菜的香韵, 是肉类特征香料; 麦芽酚具有焦奶油硬糖的特殊香气, 稀溶液具有草莓样芳香味道^[24], 这些挥发性香味物质促进了复配火腿肠良好风味的形成。

2.5 感官评定

如图 4 所示, 添加牡丹提取物及乳酸菌发酵液替代 2/3 亚硝酸钠的复配火腿肠色泽评分显著高于空白对照组 ($P < 0.05$), 与阳性对照相近, 呈现出与添加 150 mg/kg 亚硝酸钠相似的肉红色且色泽均匀, 火腿肠的质地、弹性和口感无明显改变, 与质构测定结果一致; 复配火腿肠风味评分高于空白对照, 牡丹提取物和乳酸菌发酵液的添加使火腿肠具有独特的香味, 清爽无油腻感, 与阳性对照比较接近。因此, 利用 0.3% 牡丹提取物和 3% 乳酸菌发酵液替代低温火腿肠中 2/3 亚硝酸钠用量感官评定总体接受性良好。



复配火腿肠指 0.3% 牡丹提取物和 3% 乳酸菌发酵液替代阳性对照 2/3 亚硝酸钠使用量的火腿肠

图 4 不同火腿肠感官评定得分的雷达图

Figure 4 Radar chart of sensory evaluation of different emulsion sausages

3 结论

本试验研究了低温火腿肠中添加牡丹提取物及乳酸菌发酵液替代部分亚硝酸盐的效果。研究表明, 在火腿肠中添加 0.3% 牡丹提取物和 3% 乳酸菌发酵液, 使火腿肠亚硝酸钠添加量由 150 mg/kg 降至 50 mg/kg, 火腿肠颜色与抗氧化效果不受影响。此外, 添加牡丹提取物和乳酸菌发酵液可使火腿肠菌落总数显著降低 ($P < 0.05$), 具有一定的抑菌防腐作用; 挥发性风味物质中醛类和酮类相对含量下降, 酸类和酯类等风味物质相对含量明显升高, 对改善火腿肠风味有一定的贡献。以上研究结果表明, 牡丹提取物和乳酸菌发酵液可替代亚硝酸钠在低温火腿肠中的发色和抗氧化功能, 同时具有一定的抑菌和增强风味作用, 为提高火腿肠品质和安全性提供一种新方法, 但对于牡丹提取物和乳酸菌发酵液中活性成分的构效关系及其作用机制需进一步深入研究。

参考文献

- [1] 张红涛, 孔保华, 蒋亚男. 肉制品中亚硝酸盐替代物的研究进展及应用[J]. 包装与食品机械, 2012, 30(3): 50-54.
- [2] SEN N P, IYENGAR J R, DONALDSON B A, et al. Effect of sodium nitrite concentration on the formation of nitrosopyrrolidine and dimethylnitrosamine in fried bacon[J]. Journal of Agricultural Food Chemistry, 1974, 22(3): 540-541.
- [3] 张红玉, 王成章, 原娇娇. 牡丹籽壳提取物及不同极性部位的抗氧化活性研究[J]. 中国油脂, 2016, 41(7): 64-67.
- [4] RIAZI F, ZEYNALI F, HOSEINI E, et al. Oxidation phenomena and color properties of grape pomace on nitrite-reduced meat emulsion systems[J]. Meat Science, 2016, 121: 350-358.
- [5] SELIMI S, KSOUDA G, BENSLIMA A, et al. Enhancing colour and oxidative stabilities of reduced-nitrite turkey meat sausages during refrigerated storage using fucoxanthin purified from the Tunisian seaweed *Cystoseira barbata*[J]. Food & Chemical Toxicology, 2017, 107: 620-629.
- [6] 史国安, 郭香凤, 包满珠. 不同类型牡丹花的营养成分及体外抗氧化活性分析[J]. 农业机械学报, 2006, 37(8): 111-114.
- [7] 张燕, 周常义, 苏文金, 等. 乳酸菌及其代谢产物在食品保鲜中的应用研究进展[J]. 农产品加工: 学刊, 2012(4): 21-26.
- [8] SLIMA S B, KTARI N, TRABELSI I, et al. Effect of partial replacement of nitrite with a novel probiotic *Lactobacillus plantarum* TN8 on color, physico-chemical, texture and microbiological properties of beef sausages[J]. LWT-Food Science and Technology, 2017, 86: 219-226.
- [9] ANITAL S, AARTIB T, RONK T. Use of high pressure to reduce cook loss and improve texture of low-salt beef sausage batters[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2009, 10(4): 405-412.
- [10] PFALZGRAF A, FRIGG M, STEINHART H. Alpha-tocopherol contents and lipid oxidation in pork muscle and adipose tissue during storage[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 1995, 43(5): 1 339-1 342.
- [11] CHEN Xiang, RUIZCARRASCAL J, PETERSEN M A, et al. Cheese powder as an ingredient in emulsion sausages: Effect on sensory properties and volatile compounds[J]. Meat Science, 2017, 130: 1-6.
- [12] MIELINK J, SLINDE E. Sausage color measured by integrating sphere reflectance spectrophotometry when whole blood or blood cured by nitrite is added to sausages[J]. Journal of Food Science, 2010, 48(6): 1 723-1 725.
- [13] ZARRINGHALAMI S, SAHARI M A, HAMIDIESFEHANI Z. Partial replacement of nitrite by annatto as a colour additive in sausage[J]. Meat science, 2009, 81(1): 281-284.
- [14] 赵伟. 牡丹花化学成分分离与鉴定[D]. 济南: 山东师范大学, 2016: 20-22.
- [15] RIAZI F, ZEYNALI F, HOSEINI E, et al. Oxidation phenomena and color properties of grape pomace on nitrite-reduced meat emulsion systems[J]. Meat Science, 2016, 121: 350-358.
- [16] SAVADKOOHI S, HOOGENKAMP H, SHAMSI K, et al. Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace[J]. Meat Science, 2014, 97(4): 410-418.

(下转第 67 页)

参考文献

- [1] IBTISHAM F, ZHANG Li, JIA Ru-min, et al. Growth patterns of two Chinese native goose breeds[J]. Brazilian Journal of Poultry Science, 2017, 19(2): 203-210.
- [2] ZHU Wen-qi, CHEN Kuan-wei, LI Hui-fang, et al. Two maternal origins of the Chinese domestic grey goose[J]. Journal of Animal Veterinary Advances, 2010, 9(21): 2 674-2 678.
- [3] 刘作兰, 黄勇, 王启贵, 等. 四川白鹅体重、肌肉、消化道生长曲线拟合和分析研究[J]. 中国畜牧杂志, 2017, 53(1): 21-27.
- [4] 李建华. 四川白鹅的品种特性及杂交应用[J]. 中国家禽, 2003, 25(10): 34-36.
- [5] 黄勇, 马娇丽, 王启贵, 等. 青绿甜高粱秸秆替代部分全价饲料对鹅生长性能、屠宰性能及肉品质的影响[J]. 畜牧兽医学报, 2017, 48(3): 483-491.
- [6] 陈明君, 刘万红, 何德超, 等. 能量和粗蛋白水平对9~10周龄四川白鹅屠宰性能的影响研究[J]. 中国家禽, 2016, 38(16): 28-32.
- [7] 李琴, 赵献芝, 刘万红, 等. 饲料代谢能水平对1~3周龄四川白鹅生长性能和血清生化指标的影响[J]. 动物营养学报, 2016, 28(10): 3 076-3 083.
- [8] 李琴, 陈明君, 彭祥伟. 饲料粗蛋白质和代谢能水平对4~8周龄四川白鹅生产性能和氮平衡的影响[J]. 动物营养学报, 2015, 27(1): 67-75.
- [9] 朱德康, 黎敏, 车茜, 等. 小鹅瘟病毒VP3真核表达质粒与弱毒疫苗诱导鹅体免疫应答的比较[J]. 中国农业科学, 2011, 44(3): 595-603.
- [10] PAN Zi-xiong, HAN Chun-chun, WANG Ji-wei, et al. Cloning and expression of stearyl-CoA desaturase 1 (SCD-1) in the liver of the Sichuan white goose and landes goose responding to overfeeding[J]. Molecular Biology Reports, 2011, 38(5): 3 417-3 425.
- [11] 王苗苗, 张惠子, 徐琪, 等. 浙东白鹅与四川白鹅求偶行为和交配行为的观察比较[J]. 中国畜牧杂志, 2017, 53(4): 32-37.
- [12] FAO/WHO and Hoc Expert Committee. Energy and protein requirement[R]. Rome: World Health Organization, Geneva FAO, 1973: 61-65.
- [13] MITCHELL H H, BLOCK R J. Some relationships between the amino acid contents of proteins and their nutritive values for the rat[J]. Journal of Biology Chemistry, 1946, 36(9): 599-620.
- [14] 陆东林. 乳蛋白质的氨基酸组成和氨基酸评分[J]. 新疆畜牧业, 2014(10): 4-8.
- [15] 李婧, 孙建栋, 苑玉和, 等. 谷氨酸能神经传递在抑郁症发病机制中作用的研究进展[J]. 神经药理学报, 2014, 4(1): 20-24.
- [16] MCBAIN C J, MAYER M L. N-methyl-D-aspartic acid receptor structure and function [J]. Physiological Reviews, 1994, 74(3): 723-761.
- [17] 杨昕润, 曹阳春, 郑辰, 等. 日粮添加亮氨酸和苯丙氨酸对荷斯坦公犊生长性能及血清代谢物的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(21): 4 196-4 204.
- [18] MARTIN C, ZHANG Yi. The diverse functions of histone lysine methylation[J]. Nature Reviews Molecular Cell Biology, 2005, 6(11): 838-849.
- [19] DALLE Z A, SZENDRO Z. The role of rabbit meat as functional food[J]. Meat Science, 2011, 88(3): 319-331.
- [20] 刘忠伟, 陈伟, 夏丹. 不同年龄关岭黄牛生长性状及肌肉氨基酸组成分析[J]. 湖北农业科学, 2015, 54(17): 4 240-4 244.
- [21] 梅凤艳, 曹志勇, 杨秀娟, 等. 不同性别武定鸡腿肌和胸肌中氨基酸含量比较分析[J]. 中国家禽, 2016, 38(21): 11-15.
- [22] KIRIMURA J, SHIMIZU A, KIMIZUKA A, et al. Contribution of peptides and amino acids to the taste of foods [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 1969, 17(4): 689-695.
- [23] 曾羽, 陈兴福, 张玉, 等. 不同海拔菊花氨基酸组分分析及营养价值评价[J]. 食品与发酵工业, 2014, 40(4): 190-194.
- [24] 陈康, 李洪军, 贺稚非, 等. 不同性别伊拉兔肉挥发性风味物质的SPME-GC-MS分析[J]. 食品科学, 2014, 35(6): 98-102.
- [25] 杨国青, 吴次南, 王华磊, 等. 蒸煮和微波加热对鲤鱼肌肉氨基酸含量的影响[J]. 山地农业生物学报, 2015, 34(2): 57-60.
- [26] 李杨梅, 贺稚非, 任灿, 等. 四川白兔的氨基酸组成分析及营养价值评价[J]. 食品与发酵工业, 2017, 43(3): 217-223.
- [27] 薛静, 马继民, 张信祥, 等. 两种海洋鲷类营养成分分析与评价[J]. 中国食品学报, 2015, 15(12): 203-211.
- [28] 王翠霞. 必不可少的蛋白质[J]. 糖尿病新世界, 2013(3): 48-49.
- [29] 朱成科, 黄辉, 向泉, 等. 泉水鱼肌肉营养成分分析及营养学评价[J]. 食品科学, 2013, 34(11): 246-249.
- [30] OSER B L. Protein and amino acid nutrition [M]//An integrated essential amino acid index for predicting the biological value of proteins. New York: Academic Press, 1959: 295-311.
- [17] 符莎露, 吴甜甜, 吴春华, 等. 植物多酚的抗氧化和抗菌机理及其在食品中的应用[J]. 食品工业, 2016(6): 242-246.
- [18] 李玉邯, 杨柳, 张一, 等. 鼠尾草提取物对腊肉品质和抗氧化性能的影响[J]. 中国食品添加剂. 2017(2): 140-143.
- [19] SIRAGUSA S, ANGELIS M D, CAGNO R D, et al. Synthesis of gamma-aminobutyric acid by lactic acid bacteria isolated from a variety of Italian cheeses[J]. Applied & Environmental Microbiology, 2007, 73(22): 7 283-7 290.
- [20] 杨玉红. 乳酸菌的抑菌活性及在肉品保鲜中的应用[J]. 肉类工业, 2013(6): 50-54.
- [21] 诸葛斌. 一种从牡丹球中提取生物保鲜剂的方法及应用: 中国, 201611107661.X[P]. 2016-12-06.
- [22] BERDAGUE J L, MONTEIL P, MONTEL M C, et al. Effects of starter cultures on the formation of flavour compounds in dry sausage[J]. Meat Science, 1993, 35(3): 275-287.
- [23] 刘登勇, 周光宏, 徐幸莲. 腊肠主体风味物质及其分析新方法[J]. 肉类研究, 2011, 25(3): 15-20.
- [24] YUASA Y, TSURUTA H. Convenient syntheses of iso-methyl-branched long-chain aliphatic aldehydes, known to contribute significantly to meat flavour [J]. Flavour Fragrance Journal, 2004, 19(3): 199-204.

(上接第23页)