

孔维洲, 卜宁霞, 马浩然, 等. 不同发酵剂及其组合对发酵鸡肉干品质的影响[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(2): 453-460.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2019.02.028

不同发酵剂及其组合对发酵鸡肉干品质的影响

孔维洲, 卜宁霞, 马浩然, 顾向红, 徐昊, 张喜康, 刘军, 刘敦华
(宁夏大学农学院, 宁夏 银川 750021)

摘要: 以植物乳杆菌、木糖葡萄球菌和戊糖片球菌为发酵菌种, 通过制备单一和复合发酵剂, 制作发酵鸡肉干。基于对发酵鸡肉干色泽、水分活度、pH、硬度指标的测定, 结合顶空-固相微萃取和气相色谱-质谱联用技术对其挥发性化合物进行分析, 研究其在品质上的差异, 确定出最佳菌种组合。结果表明, 发酵剂组鸡肉干的水分活度、pH 值均低于对照组; 同对照组鸡肉干相比, 发酵剂组的 L^* 值均增大, a^* 值、 b^* 值均只有 2 组降低。此外, 发酵剂组鸡肉干的硬度显著低于对照组 ($P < 0.05$), 挥发性化合物的种类和相对含量有所增长, 结合感官评分来看, 3 种菌种混合 (1:1:1, 发酵液体积比) 发酵是制作发酵鸡肉干的最佳发酵剂。

关键词: 复合发酵剂; 发酵鸡肉干; 品质特性; 风味分析

中图分类号: TS251.4⁺2 文献标识码: A 文章编号: 1000-4440(2019)02-0453-08

Effect of different starter cultures and their combinations on the quality of fermented chicken meat

KONG Wei-zhou, BU Ning-xia, MA Hao-ran, XIE Xiang-hong, XU Hao, ZHANG Xi-kang, LIU Jun, LIU Dun-hua

(College of Agriculture, Ningxia University, Yinchuan 750021, China)

Abstract: Using *Lactobacillus plantarum*, *Staphylococcus xylosus* and *Pediococcus pentosaceus* as fermentation strains, and fermented chicken meat was by preparing single and composite starter. Based on the determination of color, water activity, pH and hardness of fermented chicken, the volatile compounds were analyzed by headspace-solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry. Moreover, the differences in quality were studied and the optimum combination of strains was determined. The results showed that the water activity and pH value of the dried chicken in the starter group were lower than those in the control group. Compared with the chicken meat in control group, the L^* value of the starter group increased, and a^* value and b^* value decreased only in two groups. In addition, the hardness of chicken meat in the starter group was significantly lower than that in the control group ($P < 0.05$), and the types and relative contents of volatile compounds increased. According to the sensory evaluation, the mixed fermentation of the three strains was the best starter culture for fermented chicken meat.

Key words: compound starter; fermented chicken meat; quality characteristics

鸡肉同牛肉、猪肉、羊肉相比, 含有较低的脂肪,

且肉质细嫩、味道鲜美可口, 同时, 又因其风味温和、接受性强和易于烹饪加工等原因, 深受消费者的喜爱^[1]。发酵肉干是将发酵技术应用到肉制品上的一类新型肉类深加工产品, 国内外对发酵肉干的研究多基于牛肉、羊肉和鹿肉, 而对禽类如鸡肉的研究极少, 国内对发酵鸡肉干的研究几乎为空白。人工接种发酵

收稿日期: 2018-09-21

基金项目: 国家星火计划项目 (2015GA880005)

作者简介: 孔维洲 (1993-), 男, 河南郑州人, 硕士研究生, 研究方向:

食品质量与安全。(E-mail) kwz222@163.com

通讯作者: 刘敦华, (E-mail) dunhualiu@126.com

剂进行肉品发酵已成为改良传统发酵肉制品,实现大规模工业化生产的主流做法,可提高产品的安全性、感官品质和益生性^[2]。国内外对不同发酵剂在肉制品上的应用研究十分广泛,如 Montanari 等^[3]研究了清酒乳杆菌和戊糖片球菌对干发酵香肠品质的影响,Di 等^[4]人研究了乳杆菌代替亚硝酸盐,作为保护性发酵剂抑制发酵猪肉中梭状芽胞杆菌的生长,保护产品安全性。发酵肉制品在内源酶和微生物酶的协同作用下,会在肌肉组织中发生一系列物理、生化变化,均会对发酵产品的品质产生影响。

本研究通过探究植物乳杆菌、木糖葡萄球菌、戊糖片球菌的发酵性能,判断其应用在肉制品上的可行性,并以自然发酵为对照,利用单一和复合菌株作为发酵剂制作发酵鸡肉干,探讨不同发酵剂制作的发酵鸡肉干在理化指标和感官指标上的变化规律及差异,筛选出能达到改善发酵鸡肉干嫩度和风味、保证产品安全性等目的发酵剂组合。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

植物乳杆菌(20265)、戊糖片球菌(20536)、木糖葡萄球菌(21445)均为冻干粉,购于中国工业微生物菌种保藏管理中心(CICC)。

1.2 仪器与设备

BSP-250 型生化培养箱,上海博讯实业有限公司医疗设备厂生产;T6 新世纪紫外分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司生产;TDL-5-A 型低速台式大容量离心机,上海安亭科学仪器厂生产;FiveEasy plus 型 pH 计,梅特勒-托利多国际贸易有限公司生产;DP-400 型色差仪,柯尼卡美能达公司生产;HD-5 型水分活度仪,无锡市华科仪器仪表有限公司生产;TA-XTai 型质构仪,英国 SMS 公司生产;GCMS-QP2010 气相色谱-质谱联用仪,日本岛津公司生产;DB-5MS 毛细管柱,美国 Agilent Technologies 公司生产。

1.3 试验方法

1.3.1 发酵液的特性测定及制备

1.3.1.1 培养基的制备 MRS 培养基参照王亚男^[5]的制备方法,MSA 培养基参照张文娟^[6]的制备方法,营养琼脂培养基参照何健叶^[7]的制备方法,平板计数琼脂培养基参照 GB4789.2-2016 的制备方法。

1.3.1.2 菌种生长曲线和产酸特性的测定 将乳酸

菌(戊糖片球菌和植物乳杆菌)、木糖葡萄球菌的冻干粉分别用 MRS 培养基、MSA 培养基于超净工作台中活化 2 次,以 1% 的接种量接种到 150 ml 的培养液中,混匀后分装于试管中放入 37 ℃ 培养箱中。将新鲜培养基设为对照组,每 2 h 测定试管中菌液的 OD_{600} 值和 pH。

1.3.1.3 菌种拮抗作用的测定 参照文献[7],分别将活化后的菌株在营养琼脂培养基上划 1 条直线,将培养基置于 37 ℃ 下培养 1 d,然后以与菌落生长垂直的方向以画直线的方式再接另一种菌种,注意避开前一种菌种的菌落,在 37 ℃ 条件下培养 1 d,取出辨别是否有抑菌圈。

1.3.1.4 活菌计数 将 1% 的活化好的菌种接种至 MRS、MSA 培养基中,达到对数生长期后,取出后 4 000 r/min 离心 10 min,去除上层液,下层沉淀物用 10 ml 的无菌生理盐水悬浮,参考 GB4789.2-2010,用系列稀释和平板计数法进行活菌计数,确认计数结果符合要求后,即得到可用于生产的发酵剂。

1.3.2 发酵鸡肉干的制备 工艺流程为:原料肉的选择与预处理→冷冻→切坯→腌制→发酵→烘制→包装→成品。原料肉的选择与预处理:选用新鲜、健康的鸡胸肉为原材料,注意切除脂肪,浸泡并洗净。冷冻:修整后放入冰箱,进行冷冻处理,以便于后续分切。切坯:将鸡胸肉沿肌肉纤维方向切成 4.0 cm×2.0 cm×0.8 cm 的肉条待用,肉条应厚度均匀且整齐。腌制:肉条中加入 2.0% 葡萄糖、2.5% 盐、5.0% 料酒、2.0% 白胡椒粉、2.0% 酱油、1.5% 味精,在灭菌玻璃罐中充分搅拌后放入 4 ℃ 冰箱中腌制 5~6 h。发酵:腌制结束后,按一定接种比例将 1×10^7 CFU/ml 的液体发酵剂均匀注射至肉条中,然后放入到温度为 30 ℃ 的培养箱中 43~44 h。烘制:将发酵后的肉条在 65 ℃ 烘制 3 h,95 ℃ 烘制 1 h,每 0.5 h 翻 1 次面,以防止肉干粘连,保证受热均匀。包装、成品:待肉干自然冷却至室温后进行检验,达标后包装即为成品。

分别添加单一和混合菌种(1:1,发酵液体积比)作为发酵剂(1×10^7 CFU/ml,接入量为 2%)制作发酵鸡肉干,以自然发酵剂的鸡肉干为对照,试验设 7 个处理组,其中,A 组为植物乳杆菌,B 组为木糖葡萄球菌,C 组为戊糖片球菌,D 组为植物乳杆菌+木糖葡萄球菌(1:1,发酵液体积比),E 组为木糖葡萄球菌+戊糖片球菌(1:1,发酵液体积比),F 组

为植物乳杆菌+戊糖片球菌(1:1,发酵液体积比),G组为植物乳杆菌+木糖葡萄球菌+戊糖片球菌(1:1:1,发酵液体积比)。

1.3.3 发酵鸡肉干品质测定 利用色差仪测定色泽。每个肉样随机测定3个点^[8]。利用水分活度仪测定水分。每组样品测定3次^[9]。称取5 g样品,切碎后加入25 ml蒸馏水,振荡搅拌15 min,然后用pH计进行测定pH值,每组肉样测定3次。利用质构仪测定硬度。测前速:1.0 mm/s,测中速:1.0 mm/s,测后速:1.0 mm/s,深度:4.0 mm,探头型号:

P/2N^[10]。挥发性物质利用顶空-固相微萃取和气相色谱-质谱联用技术测定。固相微萃取:取2 g切碎的肉样置于20 ml顶空瓶中,水浴(50℃,20 min),然后用SPME针头萃取20 min后直接进样(250℃),解析3 min。GC和MS条件:参照丁晔^[11]的测定条件。用峰面积归一化法统计挥发性化合物的相对含量。感官评定:选择十名具有食品专业知识储备的老师 and 同学为感官评定成员,根据感官评分标准表对发酵鸡肉干的形态、色泽、风味、口感(表1)进行评价,结果取平均值。

表1 感官评分标准表

Table 1 Sensory scoring standard

指标	评分标准	分值
形态(20分)	肉干大小薄厚均一、整齐,边缘无破碎	15~20
	肉干基本大小薄厚均一、整齐,边缘有脱落	10~15
	肉干大小薄厚不均一、整齐,边缘破碎严重	<10
色泽(20分)	肉干呈棕红、棕黄色,色泽均匀	15~20
	肉干基本呈棕红、棕黄色,色泽不均匀	10~15
	肉干发黑或发白,色泽不均匀	<10
风味(30分)	肉干有浓烈的发酵香气,无异味	20~30
	肉干有淡淡的发酵香气,无异味	10~20
	肉干无发酵香气,有异味	<10
口感(30分)	肉干易咀嚼,软硬度适中,咸淡适中,无异味	20~30
	肉干易咀嚼,稍硬,偏咸或偏淡,无异味	10~20
	肉干干硬,有明显酸味或腐败味	<10

1.3.4 数据处理 用Excel2010对数据进行分析并绘图;用SPSS20的ANOVA进行方差分析,差异显著水平为 $P<0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 发酵液特性及制备

2.1.1 菌种生长曲线和产酸特性 一般来说,菌种活性最强的时期在对数生长末期到稳定前期^[12]。由图1可以看出,植物乳杆菌在培养10 h后达到对数生长期,20 h后进入稳定生长期,从pH来看,培养16~18 h产酸速率最大,然后趋于稳定,这与菌种生长曲线趋势相呼应,在菌种生长代谢旺盛时,其产酸速率随之增大。由图2可以看出,木糖葡萄球菌在培养10 h后达到对数生长期,28 h后进入稳定生长期,26 h后产酸速率迅速增

大,整体产酸要小于其他2种菌种,生产中可与其他菌株复合使用。由图3可以看出,戊糖片球菌在培养8 h后达到对数生长期,16~18 h产酸速率最大,18 h后进入稳定生长期,产酸量在12~24 h不断增加,然后趋于稳定。

可见,3种菌种的最佳收获期为:植物乳杆菌培养16~18 h,木糖葡萄球菌培养26~28 h,戊糖片球菌培养16~18 h,此时各菌种的活性最强且产酸适中。

2.1.2 菌种拮抗作用 多菌种混合发酵可以丰富产品的风味,从而弥补单一菌种发酵的不足^[13],但细菌在代谢过程中可能会产生细菌素,使其拮抗的细菌受到抑制,无法正常生长繁殖,影响复合菌种的发酵性能,因此应先确定各菌种是否产生拮抗。由表2可以看出,各菌种互相均无拮抗作用,故可以复配成发酵剂接种到鸡肉中进行发酵。

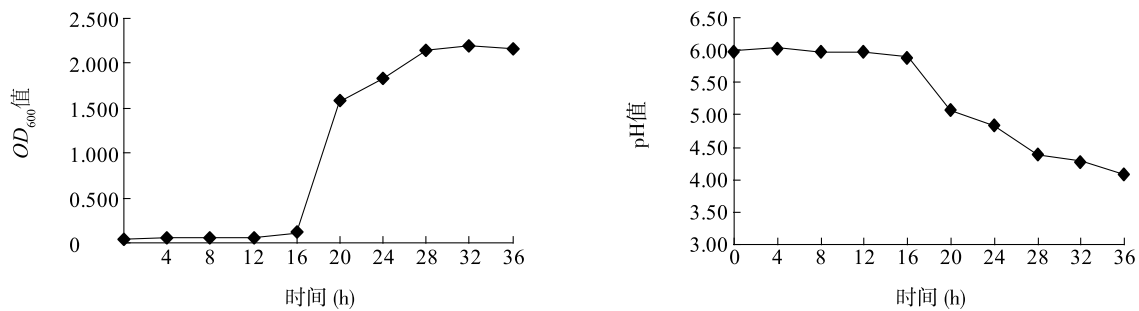


图 1 植物乳杆菌生长曲线和产酸特性

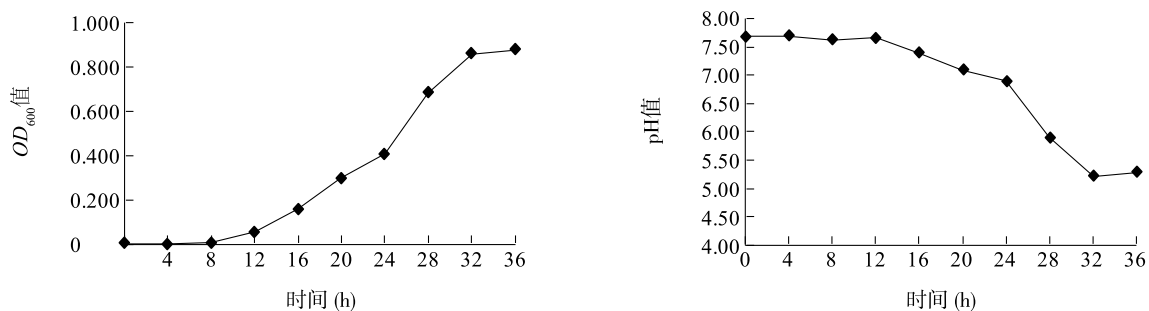
Fig.1 The growth curve and acid-producing characteristics of *Lactobacillus plantarum*

图 2 木糖葡萄球菌生长曲线和产酸特性

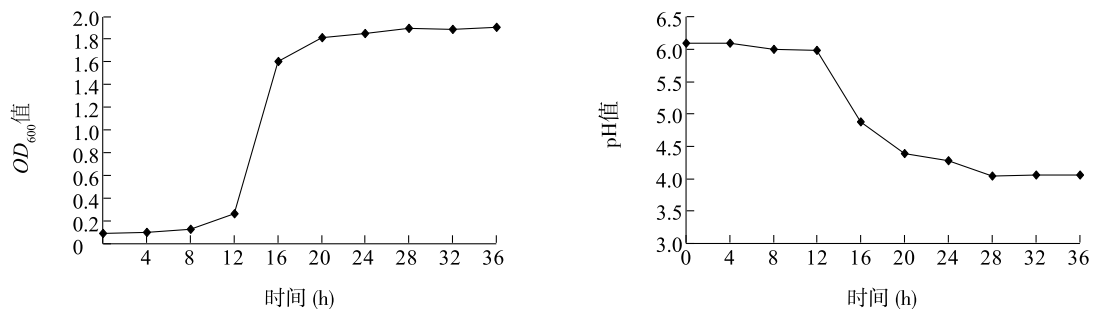
Fig.2 The growth curve and acid-producing characteristics of *Staphylococcus xylosus*

图 3 戊糖片球菌生长曲线和产酸特性

Fig.3 The growth curve and acid-producing characteristics of *Pediococcus pentasaceus*

表 2 菌种拮抗作用

Table 2 Antagonism between different strains

菌种	植物乳杆菌	木糖葡萄球菌	戊糖片球菌
植物乳杆菌		-	-
木糖葡萄球菌	-		-
戊糖片球菌	-	-	

-表示不拮抗。

2.1.3 活菌计数 发酵肉的菌种接种量不得小于 1×10^6 CFU/g, 才能获得良好的产品品质^[14]。本研究中各菌株的活菌计数结果分别为, 植物乳杆菌 $(94 \pm 6) \times 10^8$ CFU/ml; 木糖葡萄球菌 $(32 \pm 4) \times 10^7$

CFU/ml; 戊糖片球菌 $(76 \pm 6) \times 10^8$ CFU/ml。计数结果满足发酵肉菌种接种量的要求, 说明试验所用的 3 种菌种可用于发酵肉的生产。

2.2 发酵鸡肉干品质特性

2.2.1 色泽的测定 由表 3 可以看出, 同对照组相比, 各发酵剂组的 L^* 值均增大, 说明添加发酵剂可以提高鸡肉干的亮度, 除 B 组外, 其余各发酵组的 L^* 值与对照组相比均呈显著性差异 ($P < 0.05$), 其中, F 组的 L^* 值最大为 48.72, 说明添加植物乳杆菌+戊糖片球菌 (1:1, 发酵液体积比) 混合菌种有助于发酵鸡肉干亮度的显著增加。同对照组的 a^*

值相比,除了 E 组和 G 组显著降低外($P<0.05$),其余各发酵组的变化均不显著($P>0.05$),说明添加木糖葡萄球菌+戊糖片球菌(1:1,发酵液体积比)混合菌种、植物乳杆菌+木糖葡萄球菌+戊糖片球菌(1:1:1,发酵液体积比)混合菌种不利于发酵鸡肉干红度的增加,这可能是由于乳酸菌在生长代谢时会产生 H_2O_2 ,可以分解亚铁血红素,使红度降低,而只有 B 组的 a^* 值高于对照组,说明添加木糖葡萄球菌单菌具有提高发酵鸡肉干红度的特性,这与夏

秀芳等^[15]的研究结果相同,他们研究了不同木糖葡萄球菌接种量对发酵牛肉串品质的影响,结果表明接种木糖葡萄球菌的肉串其 a^* 值高于未接种菌种的空白组,即木糖葡萄球菌的加入可以改善发酵肉制品的红度。同对照组的 b^* 值相比,D 组和 F 组略有下降且差异不显著($P>0.05$),其余各发酵组均升高,说明这些发酵组的发酵剂具有增加发酵鸡肉干黄度的能力。综合来看,添加外源菌种有改善发酵肉制品色泽品质的作用。

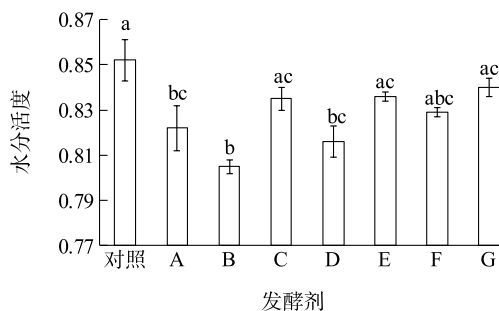
表 3 不同菌种组合对发酵鸡肉干色泽的影响

Table 3 Effects of different strain combinations on the color of fermented chicken meat

	对照组	A	B	C	D	E	F	G
L^*	36.18a	42.11bc	38.54ab	43.20c	40.62bc	43.21c	48.72d	41.36bc
a^*	8.04b	6.91ab	8.30b	7.65b	6.43ab	5.05a	6.79ab	4.78a
b^*	14.39ab	17.11cd	16.55cd	18.41d	13.52a	15.47bc	13.45a	17.89d

A 组为植物乳杆菌;B 组为木糖葡萄球菌;C 组为戊糖片球菌;D 组为植物乳杆菌+木糖葡萄球菌(1:1,发酵液体积比);E 组为木糖葡萄球菌+戊糖片球菌(1:1,发酵液体积比);F 组为植物乳杆菌+戊糖片球菌(1:1,发酵液体积比);G 组为植物乳杆菌+木糖葡萄球菌+戊糖片球菌(1:1:1,发酵液体积比)。同一行数据后不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

2.2.2 水分活度 由图 4 可以看出,各发酵剂组的水分活度值均小于对照组,说明接入发酵剂可降低鸡肉干中的水分。其中 A 组、B 组、D 组与对照组差异显著($P<0.05$),说明植物乳杆菌、木糖葡萄球菌单菌及二者的复合发酵剂均可显著降低鸡肉干的水分活度($P<0.05$)。常见食源性致病菌如李斯特菌和大肠杆菌等在低水分活度条件下受到显著抑制^[16],因此,发酵后的鸡肉干具有较高的安全性和耐贮性。



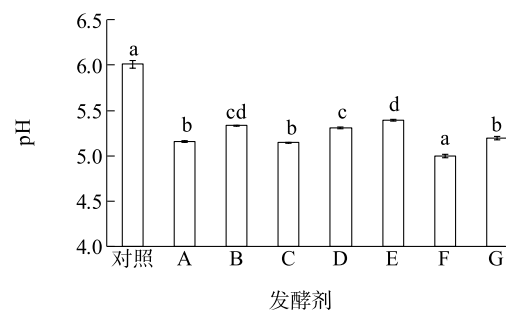
A、B、C、D、E、F、G 处理见表 3;不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

图 4 不同菌种组合对发酵鸡肉干水分活度的影响

Fig.4 Effects of different strain combinations on the water activity of fermented chicken meat

2.2.3 pH 值 由图 5 可以看出,各处理组的 pH 值

显著低于对照组($P<0.05$),其中, F 组 pH 值最低($P<0.05$),说明添加植物乳杆菌+戊糖片球菌(1:1,发酵液体积比)可显著降低鸡肉干的 pH 值,低酸环境有利于鸡肉中的蛋白质、脂肪等物质发生物理、化学的分解反应,提高产品的风味品质,产生多种利于人体消化吸收的氨基酸和脂肪酸,同时,低 pH 值还可抑制腐败菌和致病菌的繁殖进而降低细菌毒素的产生^[13]。



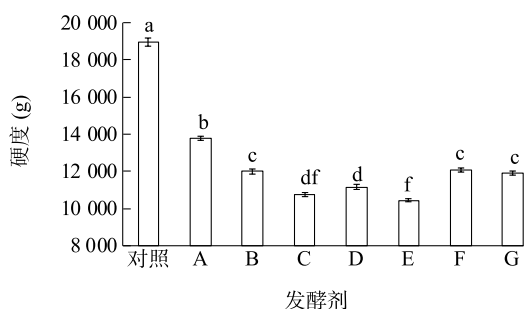
A、B、C、D、E、F、G 处理见表 3;不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

图 5 不同菌种组合对发酵鸡肉干 pH 的影响

Fig.5 Effects of different strain combinations on the pH of fermented chicken meat

2.2.4 硬度 硬度指使物体变形或被穿透所需的力,是食品维持其形状的内部结合力^[16]。由图 6 可

以看出,各发酵组的硬度显著低于对照组 ($P < 0.05$),各发酵剂组间差异显著 ($P < 0.05$),说明发酵剂的添加可显著降低鸡肉干的硬度,这是因为这 3 种菌种都能产生蛋白酶,可促使鸡肉中肌浆蛋白与肌原纤维蛋白的分解,破坏肉产品内部的结合力,使其质地变得柔嫩,方便咀嚼,改良了传统肉干干硬的缺点。



A、B、C、D、E、F、G 处理见表 3;不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图 6 不同发酵组硬度的测定结果

Fig.6 Determination of hardness of different fermented groups

2.2.5 挥发性物质 通过 SPME-GC-MS 检测 8 种样品一共分析得到 118 种挥发性化合物,分别为烯炔类 31 种、杂环化合物 30 种、烷烃 14 种、酯类 13 种、醇类 12 种、酮类 7 种、醛类 6 种、酸类 3 种、酚类 1 种、醚类 1 种。

由表 4 可以看出,对照组、A 组、B 组、C 组、D 组、E 组、F 组、G 组分别检出 32、36、34、35、35、32、33、33 种挥发性物质,除 E 组外,其余各处理组挥发性化合物种类均高于对照组,其中,烯炔类、醇类化合物种类明显增加,除了 β -月桂烯、D-柠檬酸、庚醛、松油烯-4-醇等各组均有的化合物外,处理组还出现了对照组未检出的化合物,如:芳樟醇、2,6-二甲基-4-庚酮、辛酸乙酯、辛醚等。

另外,各发酵剂组的挥发性化合物总相对含量均高于对照组,其中,除醛、酮、酚、酸类化合物有所降低外,烯炔类、醇类增加较多,说明同对照组相比,发酵剂组在经过发酵后可以增加鸡肉干的挥发性物质,这是由于在发酵肉制品的成熟过程中,在菌体生长代谢和外界环境因素的共同作用下,肉中的蛋白质、脂类和碳水化合物发生降解,脂肪分解的游离脂肪酸和蛋白质分解的游离氨基酸可以作为风味成分的前体物质,经过复杂

的酶促反应和非酶促反应,产生多种挥发性化合物,如醇、醛、酮、酯、羧酸、吡嗪及某些含硫、含卤素的物质等,直接影响产品的风味。产品的最终风味品质取决于不同挥发性化合物的种类、含量和阈值^[17]。烯炔类在各发酵剂组中的相对含量最高,均高于 40%,多来源于调味的香辛料,如胡椒会产生 3-萜烯、 β -蒎烯、月桂烯等特殊的风味,石竹烯具有辛香、药草味道^[18], α -水芹烯具有黑胡椒和薄荷香气^[19],发酵剂组烯炔类化合物的增加说明发酵作用可提高香辛料中的挥发性化合物,唐鑫等^[20]用植物乳杆菌和酵母菌发酵辣椒汁,测定挥发性成分也发现烯炔类的相对含量有所增加。还原糖和氨基酸两者间发生的美拉德反应会产生杂环化合物,多具有肉类特有的香气,检测出吡嗪类、芳香烯类化合物的相对含量较高,这 2 种化合物的阈值较低,具有特殊香气,如 2,5-二甲基吡嗪具有马铃薯片香味^[21]。阈值普遍偏高的烷烃类化合物对风味的改良能力弱,但却是合成某些大分子物质的基础。酯类物质阈值偏低,被认为是发酵香肠香味的主要提供者^[22]。醇类物质中,不饱和醇对肉制品的风味有一定贡献,如检出的化合物中含量较高的物质松油烯-4-醇具有胡椒香^[21]。酮类大多阈值高,对风味的呈现贡献低^[23],但部分酮类可作为中间物质有助于形成杂环化合物,对肉味的形成仍有不可或缺的作用。醛类物质具有甜香味和水果香^[24],对发酵肉风味的贡献较大,检测出的壬醛和庚醛含量较高,有研究结果表明耗牛肉经微波加热后也产生了高含量的这 2 种醛类物质,它们是熟耗牛肉的特征风味^[25]。酚类物质阈值较低,是构成烟熏肉制品独特风味的重要成分^[26]。醚类、酸类的相对含量较少,对风味的贡献不大。

2.2.6 感官评定 由图 7 可以看出,同对照组相比,各处理组的感官评分值均增大,说明菌种的发酵作用可提高鸡肉干的感官品质,且 C 组、D 组、E 组、F 组、G 组均显著高于对照组 ($P < 0.05$),而这 5 组组间的差异不显著 ($P > 0.05$),G 组的感官评分值最高为 89 分。表明,加入适宜适量的菌种可以提高发酵鸡肉干的综合感官品质。

3 讨论

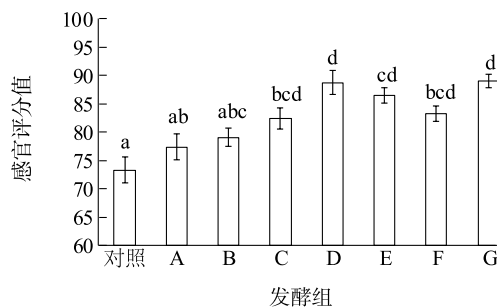
植物乳杆菌、木糖葡萄球菌、戊糖片球菌分别在培养至 10 h、10 h、8 h 时进入对数生长期,植物乳杆

表4 不同发酵组挥发性物质的相对含量及种类

Table 4 Varieties and relative contents of volatile compounds in different fermented groups

处理组		烯烃	醛类	醇类	酮类	酚类	酯类	酸类	醚类	烷烃	杂环化合物	总计
对照组	相对含量(%)	16.45	1.87	0.36	1.74	8.77	0.34	9.58	0	8.07	36.44	83.62
	种类	5	3	1	2	1	1	1	0	7	11	32
A	相对含量(%)	44.38	0.18	2	0.81	0	2.22	0.09	0	0.12	47.67	97.47
	种类	11	1	4	2	0	5	1	0	1	11	36
B	相对含量(%)	72.13	0.81	2.87	0.25	0	0.18	0.27	0	0.27	19.93	96.71
	种类	15	2	4	2	0	2	1	0	1	7	34
C	相对含量(%)	56.11	1.48	2.15	0.17	0	1.08	0	0	0	37.06	98.05
	种类	15	3	4	1	0	2	0	0	0	10	35
D	相对含量(%)	86.67	0.75	2.55	0	0	0.11	0	0.09	0.92	7.40	98.49
	种类	19	2	4	0	0	1	0	1	3	5	35
E	相对含量(%)	84.63	1.03	1.81	0.13	0	0.56	0	0	0.13	10.38	98.67
	种类	13	2	4	1	0	3	0	0	1	8	32
F	相对含量(%)	70.10	0.97	1.87	0	0	3.52	0	0	0.13	22.74	99.33
	种类	13	3	3	0	0	3	0	0	2	9	33
G	相对含量(%)	75.73	1.05	2.34	0	0	0.59	0	0	0.13	17	96.84
	种类	15	2	5	0	0	2	0	0	1	8	33

A、B、C、D、E、F、G 处理见表3。



A、B、C、D、E、F、G 处理见表3。

图7 不同发酵组的感官评分值

Fig.7 Sensory evaluation of different fermented groups

菌、戊糖片球菌的菌种最佳收获期均为16~18 h,产酸性强,木糖葡萄球菌在26~28 h 达到最佳收获期,但产酸性差。发酵剂组鸡肉干的水分活度均低于对照组,发酵剂组的 pH 值显著低于对照组 ($P < 0.05$),低水分活度可以抑制腐败菌的繁殖,同时,低 pH 值还可阻止致病菌的生长。发酵剂组鸡肉干的色泽测定结果中,同对照组相比, L^* 值均增大, a^* 值只有2组显著降低 ($P < 0.05$), b^* 值只有2组略有下降。发酵剂组的硬度较对照组显著降低 ($P < 0.05$),挥发性化合物的种类和相对含量也有所增

长;对照组、A、B、C、D、E、F、G 组分别检出 32、36、34、35、35、32、33、33 种挥发性化合物。

综合来看,植物乳杆菌、木糖葡萄球菌、戊糖片球菌可以作为鸡肉干发酵剂来提高鸡肉干的品质,添加3种菌种混合发酵剂制得的鸡肉干各项测定结果较好,且感官评分值最高,是发酵鸡肉干的最佳组合。

参考文献:

- [1] GIBBS R A, RYMER C, GIVENS D I. Fatty acid composition of cooked chicken meat and chicken meat products as influenced by price range at retail[J]. Food Chemistry, 2013, 138(2/3): 1749-1756.
- [2] 龙 强, 聂乾忠, 刘成国. 发酵肉制品功能性发酵剂研究现状[J]. 食品科学, 2016(17): 263-269.
- [3] MONTANARI C, GATTO V, TORRIANI S, et al. Effects of the diameter on physico-chemical, microbiological and volatile profile in dry fermented sausages produced with two different starter cultures[J]. Food Bioscience, 2018, 22: 9-18.
- [4] DI GIOIA D, MAZZOLA G, NIKODINOSKA I, et al. Lactic acid bacteria as protective cultures in fermented pork meat to prevent *Clostridium* spp. growth[J]. International Journal of Food Microbiology, 2016, 235: 53-59.
- [5] 王亚男. 乳酸菌对牛肉鸡肉混合肉糜发酵特性的影响研究

- [D]. 长春:吉林大学,2014.
- [6] 张文娟. 微生物发酵剂对兔肉香肠品质的影响[D]. 扬州:扬州大学,2010.
- [7] 何健叶. 肉用发酵剂及其在发酵香肠中的应用研究[D]. 合肥:安徽农业大学,2014.
- [8] 陈 星. 酸辣猪肉干加工工艺及产品特性研究[D]. 武汉:华中农业大学,2016.
- [9] 杜智慧. 不同发酵剂对发酵香肠品质影响的研究[D]. 太原:山西农业大学,2014.
- [10] 王志江,吴小勇,陈丽香. 地瓜猪肉干加工工艺研究[J]. 肉类工业,2015(8): 8-11.
- [11] 丁 晔,刘敦华,雷建刚,等. 不同处理羊羔肉挥发性风味物质的比较及主成分分析[J]. 食品与机械,2013(3): 16-20,33.
- [12] 岳林芳,王俊国,萨如拉,等. 培养条件对乳酸菌发酵剂抗冷冻干燥性能影响的研究进展[J]. 食品科学,2016(11): 270-276.
- [13] 李湘丽,袁廷香,闫吉美. 乳酸菌在发酵香肠生产过程中的应用研究进展[J]. 食品与机械,2014(6): 233-237.
- [14] 李轻舟,王红育. 发酵肉制品研究现状及展望[J]. 食品科学,2011(3): 247-251.
- [15] 夏秀芳,张金铎,孔保华. 木糖葡萄球菌添加量对发酵牛肉串品质特性的影响[J]. 食品科学,2013(7): 47-50.
- [16] 王新惠,李俊霞,谭茂玲,等. 复合发酵剂对发酵猪肉干品质的影响[J]. 食品工业科技,2015(17): 165-169.
- [17] 刘 静,吴晓彤. 发酵肉制品的风味物质来源及其研究进展[J]. 内蒙古科技与经济,2016(15): 95-96.
- [18] 常海军,周文斌,朱建飞. 重庆城口香肠挥发性风味成分的分
离与鉴定[J]. 食品科学,2016(6): 146-152.
- [19] 刘 洋,张 宁,徐晓兰,等. SDE/GC-MS 分析火锅底料的挥
发性风味成分[J]. 中国食品学报,2014,14(2): 283-291.
- [20] 唐 鑫,夏延斌,吴 灿. 辣椒汁发酵过程中挥发性成分的变化[J]. 食品科学,2014(16): 197-201.
- [21] 刘艳敏,吴拥军,王亚娟,等. 贵州油辣椒挥发性风味物质分析
[J]. 食品科学,2013(20): 221-227.
- [22] GARCÍA L, MÓNICA F, BELLOCH C. Molecular characterization
and aromatic potential of *Debaryomyces hansenii* strains isolated
from naturally fermented sausages[J]. Food Research International,
2013, 52(1): 42-49.
- [23] 申光辉,冯 孟,张志清,等. 乳酸菌发酵低糖桑葚复合果酱工
艺优化及其风味成分分析[J]. 江苏农业学报,2018,34(1):
158-165.
- [24] 武苏苏,赵改名,柳艳霞,等. 基于主成分分析法的煮制时间对
卤制鸡肉风味的影响分析[J]. 食品与发酵工业,2014(10):
194-199.
- [25] 罗 章,马美湖,孙术国,等. 不同加热处理对牦牛肉风味组成
和质构特性的影响[J]. 食品科学,2012(15): 148-154.
- [26] 朱建军,王晓宇,胡 萍,等. 贵州传统与现代工艺腊肉风味物
质对比[J]. 食品科技,2013(10): 165-169.

(责任编辑:陈海霞)