

张佳敏,袁波,王卫,等.品质改良剂对浅发酵腊肠产品特性的影响及主成分分析[J].食品工业科技,2021,42(18):244-251. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020120247

ZHANG Jiamin, YUAN Bo, WANG Wei, et al. Effect of Quality Improvers on the Characteristics of Shallow Fermented Sausage Products and Principal Component Analysis[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(18): 244-251. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020120247

· 食品添加剂 ·

品质改良剂对浅发酵腊肠产品特性的影响及主成分分析

张佳敏¹,袁波¹,王卫^{1*},叶富云²,唐春³,翁德晖³
(1.成都大学肉类加工四川省重点实验室,四川成都 610106;
2.成都大学食品与生物工程学院,四川成都 610106;
3.四川高金实业集团股份有限公司,四川遂宁 629000)

摘要:为改善浅发酵香肠组织易松散,肉质干硬等问题,分别添加 0.2% 复合磷酸盐(CP)、0.2% 魔芋胶(KGM)、0.2% 乙酰化双淀粉己二酸酯(ADA)及 2.0% 玉米淀粉(CST)作为品质改良剂,探究其对产品风干效率、质构、理化、蒸煮损失及微生物等特性的影响。结果表明,添加质改良剂的产品水分活度 a_w 值均较高;KGM 和 ADA 对降低产品硬度,提升口感,改善产品色泽和组织紧实度具有显著作用 ($P<0.01$); CP 和 ADA 能显著降低产品蒸煮损失 ($P<0.01$); CST 在贮藏初期可提高香肠保水性,减少蒸煮损失,但经 30 d 的贮藏期后,保水作用大大降低。并且 CST 能促进微生物增值,而 KGM 则会抑制微生物生长。进一步的主成分分析(PCA)显示,乳酸菌含量、硬度和咀嚼性之间有显著的正相关关系,与 a_w 之间呈显著的负相关,色泽和 pH 之间具有正相关关系。通过综合评分确定各品质改良剂综合排序为: ADA>KGM>CST>CP>CK,乙酰化双淀粉己二酸酯和魔芋胶对改善香肠品质具有较好效果。本研究显示出品质改良剂对浅发酵香肠产品质构、色泽、保水性等有显著的改善作用,而使产品 a_w 提高可能对产品可贮性导致不利影响,对此有待进一步探究。

关键词:浅发酵香肠,品质改良剂,质构特性,色泽,主成分分析

中图分类号:TS251.4

文献标识码:A

文章编号:1002-0306(2021)18-0244-08

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020120247



本文网刊:

Effect of Quality Improvers on the Characteristics of Shallow Fermented Sausage Products and Principal Component Analysis

ZHANG Jiamin¹, YUAN Bo¹, WANG Wei^{1*}, YE Fuyun², TANG Chun³, WENG Dehui³

(1. Meat Processing Key Lab of Sichuan Province, Chengdu University, Chengdu 610106, China;

2. College of Food and Bioengineering, Chengdu University, Chengdu 610106, China;

3. Sichuan Gaojin Industrial Co., Ltd., Suining 629000, China)

Abstract: In order to improve the loose structure of shallow fermented sausage and the dry and hard texture, 0.2% complex phosphate (CP), 0.2% Konjac gum (KGM), 0.2% acetylated distarch adipate (ADA) and 2.0% corn starch (CST) were selected as the quality improvers. And the effects of the quality improver on air-drying efficiency, texture, physicochemical, cooking loss and microorganism of sausage were studied. The results showed that, the addition of quality improver increased the moisture activity of the product. KGM and ADA had significant effects on reducing product hardness, enhancing taste, improving product color and tissue compactness ($P<0.01$). CP and ADA could significantly reduce product

收稿日期: 2020-12-28

基金项目: 四川省科技计划“川猪产业链提质增效关键技术研究及集成示范”(2020YFNO147); 国家现代农业产业技术体系四川生猪创新团队(scxctd-2021-08); 四川省科技计划重点研发项目“优质生猪工程产业链关键技术集成创新和示范”(2018NZ0150)。

作者简介: 张佳敏(1982-),女,硕士,副教授,研究方向:农产品加工与贮藏工程,E-mail:cdusp@qq.com。

* 通信作者: 王卫(1958-),男,硕士,教授,研究方向:食品加工与安全,E-mail:wangwei8619@163.com。

cooking loss ($P < 0.01$). CST could improve the water retention of sausages and reduce cooking loss during the early storage period, but after 30 days of storage, the water retention effect was greatly reduced. Moreover, CST could promote microbial growth, while KGM could inhibit microbial growth. Further principal component analysis (PCA) showed that there was a significant positive correlation between lactic acid bacteria content, hardness and chewiness, a significant negative correlation with a_w , and a positive correlation between color and pH. According to the comprehensive score, the comprehensive ranking of the quality improvers was: ADA>KGM>CST>CP>CK. Acetylated distarch adipate and konjac gum had better effects on improving the quality of sausages. This study showed that the quality improver could significantly improve the texture, color, and water retention of shallow-fermented sausage, and the improvement of the a_w of the product might have an adverse effect on the storability of the product, which need to be further explored.

Key words: shallow fermented sausage; quality improver; textural properties; color; principal component analysis

腊肠是中国传统腌腊肉制品的典型代表之一,其传统制作工艺是将肥瘦肉绞制后添加调料,灌入肠衣,经风干或快速干燥脱水即成^[1]。四川腊肠在中国传统腊肠中独树一帜,产品众多,风味各异。其中采用传统自然风干工艺制作的酱香型腊肠,在以内源酶为主导的风味形成中,也伴随一定的微生物“浅发酵”作用进程^[2]。对此张佳敏、王卫等进行了研究,并以此为依据,优化辅料中添加的豆瓣、米醪糟、豆腐乳等四川微生物酿造调味品^[3],富集乳酸菌、微球菌等有益微生物菌群^[4-5],创制全天候仿天然风干工艺,研发出一种“浅发酵香肠”^[6-7]。在此产品中,内源酶与微生物发酵酶解共同作用^[8]。在其加工中,随着干燥进程水分活度 a_w 值下降,微生物发酵得到及时抑制以阻止 pH 的过度下降,避免产品呈现西式发酵肠的酸味,此“浅发酵”状态保证了产品独特的腌腊、酱香和发酵风味^[9-10]。

在浅发酵香肠等酱香类产品中,由于酱料粘接性不足,往往导致产品存在内部组织易松散,切片型不佳等问题,且风干脱水后的香肠肉质易变得干硬。为此,本研究进一步针对浅发酵香肠的品质改良工艺进行研究,以复合磷酸盐(CP)、魔芋胶(KGM)、乙酰化双淀粉己二酸酯(ADA)及玉米淀粉(CST)作为品质改良剂,探究对对香肠品质进行改良的效果。复合磷酸盐和玉米淀粉是香肠加工中常用的品质改良剂,但多用于西式香肠,在中式香肠中应用较少^[11];乙酰化双淀粉己二酸酯具有良好的增稠性、稳定性和凝固性,与原淀粉相比,其糊化温度降低,糊的凝沉性弱,具有不易老化,低温贮存和冻融稳定性提高等优点^[12];魔芋胶的主要成分是葡甘露聚糖,是一种低热能、高膳食纤维的食品原料^[13],具有水溶、增稠、稳定、悬浮、凝胶、成膜、粘结等多种理化特性^[14-15],近年来在低脂肉制品及素肉制品开发中应用较多^[16]。本研究分析了几种品质改良剂对香肠质构、理化及微生物等方面特性的影响,并对各指标的检测结果进行主成分分析,比较各品质改良剂的作用效果,为浅发酵香肠品质提升提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

新鲜猪前夹肉、猪背膘肉 四川高金实业集团

股份有限公司;猪肠衣 四川欣康绿食品有限公司;“浅发酵香肠”辅料-2# 肉类加工四川省重点实验室研发;MRS 乳酸菌琼脂培养基、PCA 平板计数琼脂培养基、虎红培养基、PDA 马铃薯葡萄糖琼脂培养基、Chapman 琼脂培养基 均购自杭州百思生物技术有限公司。

定制型智能调控风干发酵装置(加工能力约 300~500 kg/批) 杭州艾博机械工程有限公司定制;SCIENTZ-09 拍打式无菌均质器 宁波新芝生物科技股份有限公司;恒温培养箱 上海一恒科学仪器有限公司;ZHJH-C1209B 超净工作台 上海智城分析仪器制造有限公司;LDZX-75KBS 立式压力蒸汽灭菌锅 上海申安医疗器械厂;HD-3A 水分活度仪 上海精密科学仪器有限公司;PHS-3C-01 pH 计 上海三信仪表厂;HC-2518 台式冷冻高速离心机 安徽中科中佳科学仪器有限公司;KH5200DE 数控超声波清洗器 昆山禾创超声仪器有限公司;HH-6 数显恒温水浴锅 常州奥华仪器有限公司;CR-400 色差计 日本柯尼卡美能达公司;1600X 数码显微镜 深圳安东星科技有限公司;TA-XT plus 物性测试仪 英国 Stable Micro Systems 有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 工艺流程及操作要点

1.2.1.1 工艺流程 原料肉→切制→拌料→腌制→灌肠→结扎→挂晾风干→真空包装

1.2.1.2 操作要点 参照张佳敏等^[11]的方法,猪前夹肉与猪背膘按 7:3 搭配,瘦肉切成 4 mm 粗的肉丝,肥肉切 4 mm 丁;按照原料肉总质量 9% 的比例加入浅发酵香肠专用辅料^[9],拌匀后于 4 °C 下腌制 24 h;灌入直径 30 mm 的猪小肠肠衣,以 15 cm 为一段结扎;整形后挂晾于风干发酵装置内,调节工艺参数为温度 9.0 °C、气流速度 1.0 m/s、湿度 64%,在此条件下风干至减重 30%;采用耐蒸煮透明真空包装袋包装后,于 10 °C 条件下贮藏发酵,30 d 后进行抽样检测。

1.2.2 品质改良剂对浅发酵香肠产品品质的影响研究 按照肉制品中常用品质改良剂的种类及用量范围^[17]及 GB 2760-2014^[18],复合磷酸盐和玉米淀粉在香肠中的用量分别为原料肉的 0.1%~0.4% 和 2%~5%,

而魔芋胶和乙酰化双淀粉己二酸酯可在各类食品中按生产需求适量使用。在不影响产品口感的前提下,通过预实验,确定实验中各品质改良剂的添加比例分别为:复合磷酸盐(CP)0.2%、魔芋胶(KGM)0.2%、乙酰化双淀粉己二酸酯(ADA)0.2%及玉米淀粉(CST)2.0%,以不加品质改良剂的香肠作为空白对照组(CK),先将各品质改良剂与专用辅料混合均匀,再与原料肉进行混合,并按照1.2.1工艺制作浅发酵香肠,测定产品的质构特性、pH、蒸煮损失、微生物含量等特性指标,并与对照组(CK)进行对比。

1.2.3 测定指标

1.2.3.1 质构特性 取样参考 Kouzounis^[19]的方法稍做修改,从各组香肠中段切取2.5 cm长的样品,进行全质构分析(TPA),测定样品的硬度、弹性、咀嚼性和回复力等,每个样品重复试验3次,取其平均值。测定参数为:探头:P/36R—圆柱形探头;测前速度:2 mm/s;测中速度:1 mm/s;测后速度:5 mm/s;触发力:5 g;下压距离:8 mm。

1.2.3.2 蒸煮损失率 取香肠成品称量其初始重量 m_1 , g,后放入蒸锅中于煮制20 min至香肠完全熟化,取出冷却至常温,擦净肠体表面残留的油滴和水分,记录其终质量 m_2 , g,按照式(1)计算蒸煮损失,每组样品做3次重复试验,取平均值。

$$\text{蒸煮损失}(\%) = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

1.2.3.3 色泽与组织结构 采用切片机将腊肠切成3 mm薄片,在数码显微镜放大500倍后观察断面的组织特性。用聚乙烯薄膜将切面压平,用CR-400色彩色差计进行色度值的客观仪器分析其 L^* 、 a^* 和 b^* 。每组样品做3次重复试验,取平均值。

1.2.3.4 pH 按照GB 5009.237-2016^[20]规定的方法对样品pH进行检测。在香肠试样中选取肥瘦不同、表皮和截面作为pH测试点,每个样品重复试验3次,取其平均值。

1.2.3.5 水分活度(a_w) 按照GB 5009.238-2016^[21]规定的方法对样品进行测定。将真空包装好的香肠样品取出,剁成泥状,取少许式样泥均匀涂抹于水分活度测试仪的圆形测试玻璃器皿中,然后将待测样品放入预热标定好的水分活度仪中进行测定。每组样品做3次重复试验,取平均值。

1.2.3.6 微生物 菌落总数参照GB 4789.2-2016《食品微生物学检验菌落总数测定》^[22],在无菌条件下取25 g剪碎样品,加入225 mL无菌生理盐水,置于拍打式均质器中均质10 min,取1 mL样液进行10倍稀释至适当的浓度,使用平板计数琼脂培养基测定。乳酸菌参照GB 4789.35-2016《食品微生物学检验乳酸菌检验》^[23],使用甘露醇培养基测定;微球菌参照Rocio Casquete等^[24]的方法测定。每组样品做3次重复试验,取平均值。

1.3 数据处理

理化特性和微生物数量的检测结果使用Microsoft Excel2016进行数据处理,并使用SPSS 19.0软件(IBM公司)进行极值法标准化处理及显著性分析,然后再进行主成分分析(PCA)。PCA基于相关性矩阵进行,采用回归法求得因子得分函数,并以各因子所对应的方差贡献率比例为权重计算综合得分。

2 结果与分析

2.1 品质改良剂对香肠质构特性的影响

不同品质改良剂的浅发酵香肠质构特性指标TPA分析结果如表1所示,由表1可见,添加品质改良剂对香肠的弹性、内聚性和回复性影响不显著($P>0.05$),但对香肠的硬度和咀嚼性具有显著的影响($P<0.01$)。对于生香肠,各试验组的硬度和咀嚼性大小顺序一致,均为CK>CST>ADA>CP>KGM;熟香肠的硬度和咀嚼性大小顺序也一致,依次为CK>CP>CST>ADA>KGM。结果显示,与对照组香肠比较,添加了质构改良剂的香肠在生、熟两种状态下的硬度和咀嚼性都显著降低,说明添加品质改良剂均能够

表1 品质改良剂对香肠质构特性的影响

Table 1 Effect of quality improvers on the texture characteristics of sausages

指标	实验组					
	CK(对照)	CP	KGM	ADA	CST	
生香肠	硬度(g)	6762.59±590.60 ^{Cc}	5250.58±124.41 ^{Bb}	4468.98±477.34 ^{Aa}	5482.25±454.16 ^{Bb}	5646.96±123.76 ^{Bb}
	弹性	0.41±0.05 ^{Ab}	0.41±0.06 ^{Ab}	0.34±0.02 ^{Aa}	0.38±0.04 ^{Ab}	0.38±0.02 ^{Aab}
	内聚性	0.31±0.03 ^{Aab}	0.3±0.03 ^{Aab}	0.25±0.1 ^{Aa}	0.31±0.07 ^{Aab}	0.34±0.03 ^{Ab}
	咀嚼性(g·sec)	824.46±136.95 ^{Cc}	632.20±65.50 ^{Bb}	416.51±83.55 ^{Aa}	684.26±104.93 ^{BCb}	724.13±40.61 ^{BCb}
	回复性	0.09±0.02 ^{Aab}	0.09±0.02 ^{Aa}	0.09±0.05 ^{Aab}	0.13±0.03 ^{Ab}	0.12±0.01 ^{Aab}
熟香肠	硬度(g)	10314.65±688.84 ^{Bb}	9803.16±692.05 ^{Bb}	7222.63±744.15 ^{Aa}	7347.56±908.20 ^{Aa}	7703.27±530.13 ^{Aa}
	弹性	0.68±0.02 ^{Aa}	0.66±0.04 ^{Aa}	0.66±0.07 ^{Aa}	0.61±0.05 ^{Aa}	0.65±0.06 ^{Aa}
	内聚性	0.2±0.027 ^{Aa}	0.2±0.03 ^{Aa}	0.2±0.06 ^{Aa}	0.22±0.02 ^{Aa}	0.21±0.06 ^{Aa}
	咀嚼性(g·sec)	1673.25±323.34 ^{Bc}	1386.61±202.85 ^{ABbc}	956.89±110.48 ^{Aa}	1025.65±69.92 ^{Aa}	1114.66±95.71 ^{Aab}
	回复性	0.04±0.01 ^{Aa}	0.05±0.01 ^{Aa}	0.05±0.01 ^{Aa}	0.06±0.01 ^{Aa}	0.05±0.02 ^{Aa}

注:同行中不同大写字母表示差异极显著, $P<0.01$;同行中不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$;表2、表3同。

有效改善香肠质地。其中, CST 组和 ADA 组的香肠在煮熟后的作用效果优于 CP 组, 这是由于淀粉在湿润状态下, 经加热发生糊化作用, 与肉类变性后的网眼结构中的水分紧密结合, 淀粉粒糊化后变得柔软有弹性, 起到了黏着和保水的双重作用^[17], 从而改善硬度和咀嚼性; 而 KGM 组在生、熟两种状态下硬度和咀嚼性均为最低, 说明添加魔芋胶可有效降低香肠的硬度, 改善产品质构品质。

2.2 品质改良剂对香肠蒸煮损失率的影响

蒸煮损失率可反映香肠在蒸煮熟化时的保水性, 添加品质改良剂对香肠蒸煮损失的影响如图 1 所示, 由图可见, 未经贮藏发酵的香肠的蒸煮损失率由大到小依次为 CK>KGM>ADA>CP>CST, 玉米淀粉对于改善香肠保水性的作用效果最好, 其次是复合磷酸盐和乙酰化双淀粉己二酸酯, 这是由于玉米淀粉具有糊化性能, 在煮制后淀粉糊起到了良好的保水作用; 贮藏 30 d 贮藏发酵后, 香肠的蒸煮损失率均增大, 且各组之间差异显著($P<0.01$), 依次为 CK>KGM>CST>ADA>CP, 玉米淀粉的保水作用显著减弱, 而复合磷酸盐的保水作用最佳。这一方面是由于香肠中的盐分与玉米淀粉作用, 抑制了淀粉颗粒的膨胀, 降低了淀粉的溶解度、膨胀度, 从而使糊化温度升高, 增加了糊化时所需的能量^[25]; 另一方面, 在贮藏过程中, 玉米淀粉与香肠中的脂肪结合形成复合物, 从而降低了玉米淀粉的保水性^[26]。复合磷酸盐的性质

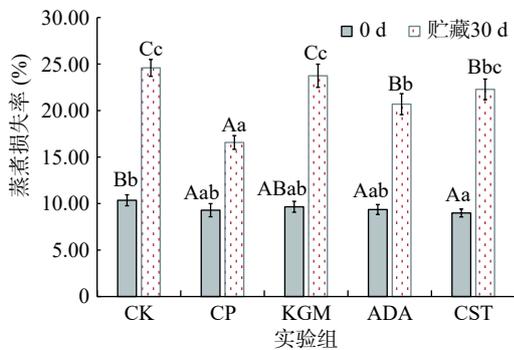


图 1 不同品质改良剂对香肠蒸煮损失率的影响

Fig.1 Effect of different quality improvers on sausage cooking loss rate

注: 不同大写字母表示差异极显著, $P<0.01$; 不同小写字母表示差异显著, $P<0.05$; 图 3~图 5 同。

在贮藏过程中较其他几种添加剂稳定, 因此保水效果变化较小。几种添加剂中, 魔芋胶的保水效果最低。

2.3 品质改良剂对香肠色泽的影响

添加不同品质改良剂的浅发酵香肠色泽的影响如表 2 所示。由表 2 可见, 除生香肠的 b^* 值差异不显著外($P>0.05$), 其余各试验结果均具有极显著的差异($P<0.01$)。 L^* 、 a^* 、 b^* 值分别代表香肠的明度、红度及黄度。 L^* 值越大颜色越鲜亮, a^* 值越大红色越深, b^* 值越大则颜色偏黄, 反之偏绿^[27]。由 L^* 值的测定结果可见, 在生、熟两种状态下, CP 组与 CK 组差别均不显著, 而 KMG、ADA 及 CST 组的 L^* 值均比对照组有所提升, 作用效果依次为 KMG>ADA>CST, 其中魔芋胶与乙酰化双淀粉己二酸酯对熟香肠的亮度提升显著。由 a^* 值的测定结果可见, 与对照组相比, 添加复合磷酸盐的 CP 组香肠在生、熟两种状态的 a^* 值均有所降低, 但影响不显著; KMG 与 ADA 对香肠 a^* 值具有显著的提升作用($P<0.01$), 而 CST 组虽对生香肠的红度有一定的改善, 但在香肠煮熟后效果不显著。由 b^* 值的变化趋势可见, 除 ADA 组在熟化后黄度有所提升外, 其余各组差异均不显著。各组香肠在生、熟两种状态下的切面效果如图 2 所示, 由图 2 直观可见 KGM 组和 ADA 组香肠更加明亮红润, 与检测结果相符, 且香肠内部组织紧密, 具有较好的感官品质, 这是由于魔芋胶具有良好的成膜性、粘结性及阻隔性^[28], 而乙酰化双淀粉己二酸酯能以镶嵌的形式填充在蛋白质变性形成的网络结构空隙中, 增加组织的致密性^[29]。试验结果表明, 添加魔芋胶和乙酰化双淀粉己二酸酯对香肠的色泽具有良好的改善作用。

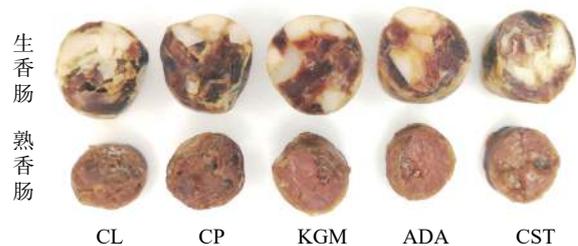


图 2 品质改良剂对香肠色泽的影响

Fig.2 Effect of quality improvers on sausage color

表 2 品质改良剂对香肠色泽的影响

Table 2 Effect of quality improvers on sausage color

指标		实验组				
		CK(对照)	CP	KGM	ADA	CST
生香肠	L^*	34.82±1.14 ^{Aa}	34.64±1.31 ^{Aa}	37.69±1.15 ^{Bb}	37.08±1.13 ^{ABb}	35.9±1.97 ^{ABab}
	a^*	9.94±1.4 ^{ABa}	9.23±0.52 ^{Aa}	11.36±0.46 ^{Bbc}	11.53±0.68 ^{Bc}	10.13±1.27 ^{ABab}
	b^*	12.5±0.37 ^{Aab}	11.6±1.1 ^{Aa}	12.68±0.71 ^{Ab}	11.92±0.5 ^{Aab}	12.44±0.58 ^{Aab}
熟香肠	L^*	28.82±0.96 ^{Aa}	28.76±1.04 ^{Aa}	31.59±1.69 ^{Bb}	31.03±0.79 ^{Bb}	30.37±1.02 ^{ABab}
	a^*	7.58±0.57 ^{Aa}	7.36±0.35 ^{Aa}	8.68±0.51 ^{Bb}	8.99±0.36 ^{Bb}	7.63±0.4 ^{Aa}
	b^*	7.2±0.54 ^{Aab}	6.92±0.43 ^{Aa}	7.22±0.52 ^{Aab}	8.89±0.4 ^{Bc}	7.67±0.59 ^{Ab}

2.4 品质改良剂对香肠 pH 的影响

添加品质改良剂对浅发酵香肠 pH 的影响如图 3 所示,由图 3 可见,添加了品质改良剂后,CP、KGM 组与对照组之间的差异不显著($P>0.05$),pH 在 5.80~5.82 之间;而 ADA 组和 CST 组在贮藏初期 0 d 时 pH 显著高于其他试验组($P<0.01$),分别为 5.93 ± 0.04 和 5.94 ± 0.08 ;经 30 d 的贮藏期后,各组香肠的 pH 均降低,这与王卫^[9]等人的研究结果相符,主要是由于微生物的发酵作用,生成乳酸等产物使香肠的 pH 降至 5.60~5.70 左右^[30]。结果显示,除 ADA 组的 pH 较高,为 5.68 ± 0.02 ,其余各组香肠的 pH 差异均不显著($P>0.05$),在 5.60~5.63 之间。总体来看,添加品质改良剂对贮藏后期香肠的 pH 影响不显著。

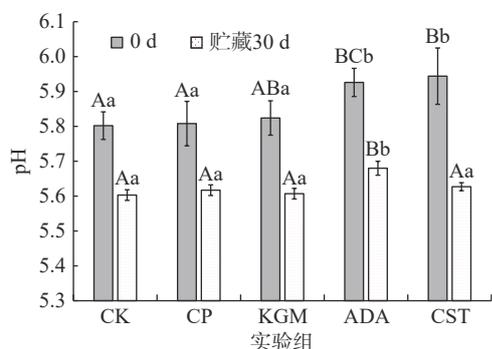


图 3 品质改良剂对香肠 pH 的影响

Fig.3 Effect of quality improvers on the pH of sausages

2.5 品质改良剂对香肠 a_w 的影响

添加品质改良剂对浅发酵香肠水分活度 a_w 的影响如图 4 所示,由图 4 可见,贮藏 0 d 时的 a_w 值大小依次为 $KGM>ADA>CST>CP>CK$,与对照组相比,添加品质改良剂后产品的 a_w 均升高,这是由于添

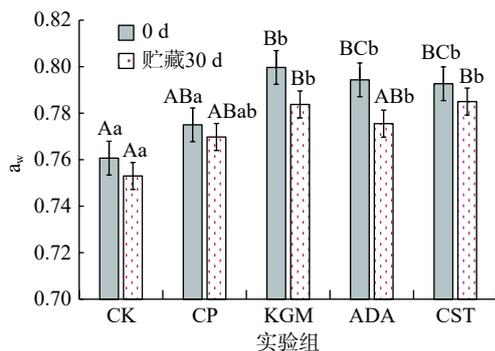


图 4 品质改良剂对香肠 a_w 的影响

Fig.4 Effect of quality improvers on a_w of sausages

加的品质改良剂均具有增加香肠保水性的作用,因此使产品 a_w 上升,其中 KGM、ADA 和 CST 组 a_w 显著升高($P<0.01$)。贮藏 30 d 后各组样品的 a_w 均有所降低,依次为 $CST>KGM>ADA>CP>CK$ 。结果显示,空白对照组和添加复合磷酸盐组的 a_w 均较低,而添加魔芋胶、乙酰化双淀粉己二酸酯及玉米淀粉的实验组 a_w 较高。

2.6 品质改良剂对香肠微生物特性的影响

添加品质改良剂对浅发酵香肠微生物特性的影响如表 3 所示。根据康峻等^[10]的研究显示,乳酸菌和微球菌是浅发酵香肠中的主要微生物菌群,且其数量在加工和贮藏过程中呈稳定上升趋势。由表 3 可见,各组乳酸菌数量在 4.54~4.98 lg CFU/g 之间,添加品质改良剂的实验组均较 CK 组低,KGM 组与 CK 组的差异达到显著水平($P<0.05$);微球菌含量在 3.16~4.22 lg CFU/g 之间,且 CP 组和 CST 组显著高于其他实验组($P<0.05$),分别为 (4.04 ± 0.24) 和 (4.22 ± 0.22) lg CFU/g,KGM 组最低,为 (3.16 ± 0.34) lg CFU/g,即添加复合磷酸盐和玉米淀粉的样品组微球菌含量较丰富,而添加魔芋胶的样品组含量最低;菌落总数的检测结果在 3.56~4.25 lg CFU/g 之间,CST 组显著高于其他各组($P<0.05$),为 (4.25 ± 0.23) lg CFU/g,而 KGM 组最低,为 (3.56 ± 0.22) lg CFU/g。实验结果显示,添加魔芋胶的样品组在微生物含量上均较低,而添加玉米淀粉的样品组微生物含量较高,这可能是由于玉米淀粉本身即易成为微生物生长利用的底物,可促进微生物增殖。而魔芋胶是由由 D-葡萄糖和 D-甘露聚糖连接而成的杂多糖^[20],吸水后形成高粘度的凝胶膜^[31]可阻隔氧气,具有抑制嗜氧性微生物的繁殖,延长肉品保鲜期的作用^[32]。

2.7 PCA 多元变量分析

为进一步分析品质改良剂与产品特性指标间的关系,对品质改良剂影响显著的指标进行 PCA 多元变量统计分析,具体包括:生香肠硬度(H_r)、生香肠咀嚼性(CH_r)、熟香肠硬度(H_c)、熟香肠咀嚼性(CH_c)、蒸煮损失(CL)、生香肠色泽(L_r 、 a_r 、 b_r)、熟香肠色泽(L_c 、 a_c 、 b_c)、pH、水分活度(a_w)、乳酸菌含量(lactobacillus)、微球菌含量(micrococcus)、菌落总数(total)。

经过因子旋转后,根据特征值大于 1、累计贡献率大于 85% 为标准共提取到 3 个主成分,包含 38.773% 的主成分 1, 36.799% 的主成分 2 和 18.808% 的主

表 3 品质改良剂对香肠微生物特性的影响

Table 3 Effect of quality improvers on the microbial characteristics of sausages

指标实验组	CK	CP	KGM	ADA	CST
乳酸菌(lg CFU/g)	4.98 ± 0.3^{Ab}	4.73 ± 0.09^{Ab}	4.54 ± 0.17^{Aa}	4.83 ± 0.22^{Ab}	4.75 ± 0.14^{Ab}
微球菌(lg CFU/g)	3.81 ± 0.15^{ABb}	4.04 ± 0.24^{Bb}	3.16 ± 0.34^{Aa}	3.78 ± 0.36^{ABb}	4.22 ± 0.22^{Bb}
菌落总数(lg CFU/g)	3.77 ± 0.27^{Aab}	3.62 ± 0.3^{Aa}	3.56 ± 0.22^{Aa}	3.93 ± 0.31^{Aab}	4.25 ± 0.23^{Ab}

成分 3, 累积方差贡献率为 94.38%, 其中, 主成分 1 和主成分 2 的累计贡献率达到 75.572%。由图 5(A) 可见, 添加不同品质改良剂的香肠样品区分明显。由旋转后的因子载荷图 5(B、C) 可知, 主成分 1 在 LAB、 H_r 、 CH_r 和 a_w 上的因子载荷 >0.8, 主成分 2 在 b_c 、pH、 a_c 和 a_r 上的因子载荷 >0.8, 主成分 3 在 CL 和 b_r 上的因子载荷 >0.8。载荷系数达到 0.8 以上代表变量与主成分之间相关性较高^[33]。主成分 1 主要代表了香肠乳酸菌含量、质构和水分活度方面特性, 主成分 2 主要代表了熟香肠的色泽、生香肠的红度和 pH 特性, 色泽与 pH 之间具有正相关关系, 而主成分 3 反映了蒸煮损失和生香肠的黄色。主成分 1 和主成分 3 所代表的特性数值越大, 香肠品质越不佳, 因此香肠综合得分 Z 的计算为:

$$Z = -38.773/94.38FAC1 + 36.799/94.38FAC2 - 18.808/94.38FAC3$$

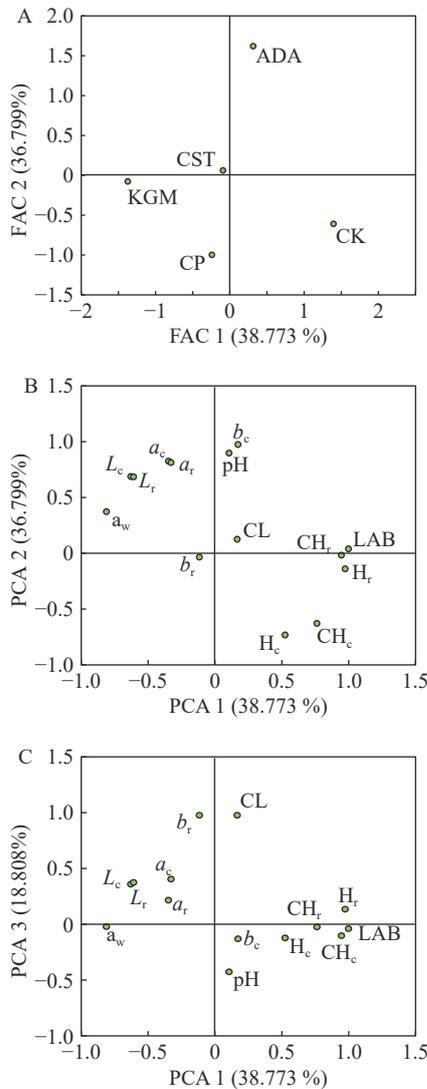


图 5 基于 PCA 解析不同品质改良剂的浅发酵香肠产品特性

Fig.5 PCA analysis of the properties of shallow fermented sausage products with different quality improvers

注: A 为 PCA 得分图; B、C 为主成分载荷矩阵图。

通过计算得到各实验组香肠得分为: $Z_{CK} = -0.98$ 、 $Z_{CP} = 0.00$ 、 $Z_{KGM} = 0.34$ 、 $Z_{ADA} = 0.61$ 、 $Z_{CST} = 0.03$, 由此可见各品质改良剂综合评分排序为: $ADA > KGM > CST > CP > CK$, 乙酰化双淀粉己二酸酯和魔芋胶对改善香肠品质具有较好效果。

3 结论

研究添加复合磷酸盐(CP)、魔芋胶(KGM)、乙酰化双淀粉己二酸酯(ADA)及玉米淀粉(CST)等作为品质改良剂对浅发酵香肠产品特性的影响, 结果表明, 在产品质构特性方面, CP、CST、ADA 及 KGM 均能显著的降低产品硬度和咀嚼性($P < 0.01$), 可改善香肠口感, 其中 KGM 的作用最为明显, 其次是 ADA 和 CP; 玉米淀粉在贮藏初期作用效果较好, 但其性质不稳定, 经 30 d 的贮藏期后, 作用大大降低; 在色泽方面, KGM 和 ADA 具有显著的改善作用($P < 0.01$); 在 pH 方面, 香肠在经过贮藏后, pH 均降低, 但整体受品质改良剂的影响不明显。添加的品质改良剂显现出对使香肠水分活度 a_w 的升高作用, 而 a_w 又与香肠的可贮性有关, 其中 KGM、ADA 和 CST 对 a_w 的影响显著($P < 0.01$), 可能会影响产品的贮藏期。在香肠的微生物特性方面, CP 和 ADA 对微生物数量影响不大, CST 具有促进微生物增值的作用, 特别是微球菌的量增加显著, 而 KGM 能抑制微生物繁殖。

主成分分析(PCA)结果显示, 由主成分 1 所表征的乳酸菌含量、硬度和咀嚼性之间有显著的正相关关系, 与 a_w 之间呈显著的负相关; 主成分 2 主要表征了香肠色泽和 pH 方面的特性, 二者具有正相关关系。通过综合评分确定各品质改良剂综合排序为: $ADA > KGM > CST > CP > CK$, 乙酰化双淀粉己二酸酯和魔芋胶对改善香肠品质具有较好效果。本研究结果添加品质改良剂对浅发酵香肠产品质构、色泽、保水性等具有显著的改善作用, 但单独使用某一种质改良剂难以实现各指标的全面提升, 对其交互效应及其复配工艺和效果有待进一步研究。

参考文献

[1] 王卫. 栅栏技术及其在食品加工和质量安全控制中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 45-70. [Wang W. Hurdle technology and its application in food processing and quality safety control[M]. Beijing: China Science Publishing & Media Ltd., 2015: 45-70.]

[2] 李燕利. 腊肉和香肠贮藏期间品质变化研究[D]. 重庆: 西南大学, 2012. [Li Y L. Research on quality changes of bacon and sausage during storage[D]. Chongqing: Southwest University, 2012.]

[3] 张佳敏, 王卫, 白婷, 等. 四川传统腊肠区域特性比较及其“浅发酵”特征分析[J]. 食品工业科技, 2021, 42(3): 43-47, 52. [Zhang J M, Wang W, Bai T, et al. Comparison of regional characteristics of Sichuan traditional sausage and the analysis of “shallow fermentation” conditions[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(3): 43-47, 52.]

[4] 李彬彬, 肖龙泉, 刘海强, 等. 红曲红色素替代亚硝酸盐在川

- 式香肠中的应用研究[J]. 成都大学学报(自然科学版), 2015, 34(2): 121-125. [Li S S, Xiao L Q, Liu H Q, et al. Application of *Monascus* pigment replacing sodium nitrite in Sichuan-style sausage[J]. Journal of Chengdu University(Natural Science Edition), 2015, 34(2): 121-125.]
- [5] 吉莉莉, 王卫, 赵志平, 等. 传统四川腊肠及浅发酵香肠调料特性研究[J]. *中国调味品*, 2020, 45(7): 33-38. [Ji L L, Wang W, Zhao Z P, et al. Study on seasoning characteristics of traditional Sichuan sausage and light fermented sausage[J]. *China Condiment*, 2020, 45(7): 33-38.]
- [6] 王卫, 张旭, 张佳敏, 等. 四川酱香型风干腊肠加工贮藏特性及其“浅发酵”特征研究[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(1): 82-88. [Wang W, Zhang X, Zhang J M, et al. The processing and storage characteristics of Sichuan sauce-flavored air-dried sausage and its characteristics of “shallow fermentation”[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(1): 82-88.]
- [7] 张佳敏, 王卫, 吉莉莉, 等. 浅发酵香肠仿天然风干工艺研究[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(12): 160-168. [Zhang J M, Wang W, Ji L L, et al. Research on the imitative natural air-dried processing of shallow fermented sausage[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(12): 160-168.]
- [8] 张旭, 王卫, 白婷, 等. 四川浅发酵香肠加工进程中挥发性风味物质测定及其主成分分析[J]. *现代食品科技*, 2020, 36(10): 274-283. [Zhang X, Wang W, Bai T, et al. Determination and principal component analysis of the volatile flavor substances during the processing of Sichuan light fermented sausage[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2020, 36(10): 274-283.]
- [9] Leistner L. Shelf-stable products and intermediate moisture foods based on meat. Water activity: theory and applications to food[M]. New York: Marcel Dekker, 1987: 295-327.
- [10] 康峻, 王卫, 吉莉莉, 等. 浅发酵香肠加工进程理化、微生物及风味特性[J]. *成都大学学报(自然科学版)*, 2020(3): 234-240. [Kang J, Wang W, Ji L L, et al. Study on physicochemical, microbial and flavor characteristics of shallow fermented sausage processing[J]. *Journal of Chengdu University(Natural Science Edition)*, 2020(3): 234-240.]
- [11] 周光宏. 畜产品加工学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2012. [Zhou G H. Animal product processing[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2012.]
- [12] Tian S, Chen Y, Chen Z, et al. Preparation and characteristics of starch esters and its effects on dough physicochemical properties[J]. *Journal of Food Quality*, 2018(12): 1-7.
- [13] Xu Q, Huang W, Jiang L, et al. KGM and PMAA based pH-sensitive interpenetrating polymer network hydrogel for controlled drug release[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2013, 97(2): 565-570.
- [14] Du X, Li J, Chen J, et al. Effect of degree of deacetylation on physicochemical and gelation properties of konjac glucomannan[J]. *Food Research International*, 2012, 46(1): 270-278.
- [15] Yin W, Zhang H, Huang L, et al. Effects of the lyotropic series salts on the gelation of konjac glucomannan in aqueous solutions[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2008, 74(1): 68-78.
- [16] 金维忠, 王伟, 丁国家, 等. 低脂纤维熏煮香肠的研究[J]. *肉类工业*, 2020(9): 13-17. [Jin W Z, Wang W, Ding G J. Study on smoked and cooked sausage with low-fat fiber[J]. *Meat Industry*, 2020(9): 13-17.]
- [17] 南庆贤. 肉类工业手册[M]. 北京: 中国农业出版社, 2008: 201, 493. [Nan Q X. Meat industry handbook[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2008: 201, 493.]
- [18] 中华人民共和国卫生部. GB 2760-2014 食品安全国家标准 食品添加剂使用标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014. [Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 2760-2014 National food safety standard, standard for the use of food additives[S]. Beijing: Standards Press of China, 2014.]
- [19] Kouzounis D, Lazaridou A, Katsanidis E. Partial replacement of animal fat by oleogels structured with monoglycerides and phytosterols in frankfurter sausages[J]. *Meat Science*, 2017, 130: 38-46.
- [20] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.237-2016 食品安全国家标准 食品 pH 值的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 5009.237-2016 National food safety standard, determination of food pH value[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [21] 中华人民共和国卫生部. GB 5009.238-2016 食品安全国家标准 食品水分活度的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 5009.238-2016 National food safety standard, determination of food water activity[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [22] 中华人民共和国卫生部. GB 4789.2-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验菌落总数测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 4789.2-2016 National food safety standard, food microbiological inspection, determination of the total number of colonies[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [23] 中华人民共和国卫生部. GB 4789.35-2016 食品安全国家标准 食品微生物学检验乳酸菌检验[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016. [Ministry of Health of the People's Republic of China. GB 4789.35-2016 National food safety standard, food microbiological inspection, determination of the Lactic acid bacteria[S]. Beijing: Standards Press of China, 2016.]
- [24] Rocio Casquete, María J Benito, Alberto Martín, et al. Microbiological quality of salchichón and chorizo, traditional Iberian dry-fermented sausages from two different industries, inoculated with autochthonous starter cultures[J]. *Food Control*, 2012, 24(1-2): 191-198.
- [25] 周虹先. 盐对淀粉糊化及老化特性的影响[D]. 武汉: 华中农业大学, 2014. [Zhou H X. Effects of different salts on the gelatinization and retrogradation properties of starch[D]. Wuhan: Huazhong Agricultural University, 2014.]
- [26] 郭玉宝. 大米储藏陈化中蛋白质对其糊化特性的影响及其相关陈化机制研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2012. [Guo Y B. The effects of protein on pasting properties of rice during storage ageing and its related ageing mechanism[J]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2012.]
- [27] 何丹, 王卫, 黄本婷, 等. 天然植物提取物替代硝盐加工中

- 式培根及其产品特性分析[J]. 成都大学学报(自然科学版), 2019, 38(2): 142-145. [He D, Wang W, Huang B T, et al. Analysis of characteristics of Chinese bacon processed by adding natural plant extracts as nitrate substitution[J]. Journal of Chengdu University(Natural Science Edition), 2019, 38(2): 142-145.]
- [28] 李坚斌, 陈小云, 梁慧洋, 等. 魔芋胶的性质研究[J]. 食品科学, 2009, 30(19): 93-95. [Li J B, Chen X Y, Liang H Y, et al. Properties of konjac gum[J]. Food Science, 2009, 30(19): 93-95.]
- [29] 谢丽燕, 林莹, 吴亨, 等. 乙酰化二淀粉己二酸酯与豆浆体系在腐竹揭膜中的相互作用机理[J]. 食品科学, 2015, 36(5): 77-82. [Xie L Y, Lin Y, Wu H, et al. Interaction mechanism between acetylated distarch adipate and soymilk on yuba membrane[J]. Food Science, 2015, 36(5): 77-82.]
- [30] Lorenzo J M, Gómez M, Fonseca S. Effect of commercial starter culetures on physicochemical characteristics, microbial counts and free fatty acid composition of dry-cured foal sausage[J]. Food Control, 2014, 46: 382-389.
- [31] Wu C H, Peng S H, Wen C R, et al. Structural characterization and properties of konjac glucomannan/curdlan blend films[J]. Carbohydrate Polymers, 2012, 89(2): 497-503.
- [32] 黄明发. 魔芋胶的功能特性及其在肉制品中的应用[J]. 中国食品添加剂, 2012(1): 186-190. [Huang M F, Lu X R, Diao B, et al. The functional characteristics of konjac gum and its application in meat industry[J]. China Food Additives, 2012(1): 186-190.]
- [33] 汪冬冬, 唐焱, 陈功, 等. 不同发酵方式盐渍萝卜挥发性成分动态分析[J]. 食品科学, 2020, 41(6): 146-154. [Wang D D, Tang Y, Chen G, et al. Dynamic analysis of volatile components of salted radish during different fermentation processes[J]. Food Science, 2020, 41(6): 146-154.]