

马铃薯淀粉添加量对真空滚揉调理 鸡柳品质的影响

张靖铭, 刘九阳, 于秋影, 曹传爱, 孔保华, 刘 骞*

(东北农业大学食品学院, 哈尔滨 150030)

摘要: **目的** 探讨马铃薯淀粉结合真空滚揉腌制技术对调理鸡柳品质特性的影响。**方法** 通过测定调理鸡柳的出品率、蒸煮损失、水分含量、水分活度、色差、质构特征和剪切力等指标, 探究不同马铃薯淀粉添加量[0、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5% (*m:m*)]对真空滚揉腌制调理鸡柳品质特性的影响。**结果** 与不添加淀粉的对照组相比, 添加马铃薯淀粉的实验组调理鸡柳的嫩度、弹性、回复性、凝聚性、亮度值和红度值显著提高($P<0.05$), 水分含量、硬度显著下降($P<0.05$), 黄度值没有显著变化($P>0.05$); 同时, 与对照组相比, 在淀粉添加量超过 1.0%后, 调理鸡柳的出品率显著增加($P<0.05$), 蒸煮损失和水分活度显著降低($P<0.05$)。 **结论** 马铃薯淀粉的添加对真空滚揉腌制的调理鸡柳品质特性具有良好的促进作用, 且以 1.5%~2.0%为最佳添加量。本研究为更高质量的调理鸡柳的工业生产提供技术支撑。

关键词: 马铃薯淀粉; 真空滚揉; 调理鸡柳; 品质特性

Effects of potato starch addition on the quality of vacuum tumbled prepared chicken fillet

ZHANG Jing-Ming, LIU Jiu-Yang, YU Qiu-Ying, CAO Chuan-Ai,
KONG Bao-Hua, LIU Qian*

(College of Food Science, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

ABSTRACT: Objective To investigate the effects of potato starch combined with vacuum tumbling and marinating technology on the quality characteristics of prepared chicken fillet. **Methods** The effects of different potato starch addition [0, 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0% and 2.5% (*m:m*)] on the quality characteristics of vacuum tumbled marinated prepared chicken fillet were investigated by measuring the yield, cooking loss, moisture content, water activity, color difference, textural characteristics and shear force of prepared chicken fillet. **Results** Compared with the control group without added starch, the tenderness, springiness, resilience, cohesiveness, lightness and redness/greenness of prepared chicken fillet in the experimental group added potato starch significantly increased ($P<0.05$), moisture content and hardness significantly decreased ($P<0.05$), and no significant changes were observed in the yellowness/blueness ($P>0.05$); meanwhile, the yield of prepared chicken fillet significantly increased ($P<0.05$)

基金项目: 黑龙江省“百千万”工程科技重大专项课题(2020ZX07B02)、黑龙江省省属本科高校中央支持地方高校改革发展资金(优秀青年人才项目)(2020YQ15)

Fund: Supported by the Major Science and Technology Projects in Heilongjiang Province (2020ZX07B02), and the Foundation of Central Support for the Reform and Development of Local Universities in Heilongjiang Province (Excellent Young Talents Project) (2020YQ15)

***通信作者:** 刘骞, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为畜产品加工工程。E-mail: liuqian@neau.edu.cn

***Corresponding author:** LIU Qian, Ph.D, Professor, College of Food Science, Northeast Agricultural University, No.600, Changjiang Road, Xiangfang District, Harbin 150030, China. E-mail: liuqian@neau.edu.cn

and cooking loss and water activity significantly decreased ($P < 0.05$) with starch addition above 1.0% compared to the control group. **Conclusion** Addition of potato starch can promote the quality profiles of vacuum tumbled prepared chicken fillet, and 1.5%–2.0% is the optimal addition level. This study can provide technical support for the industrial production of higher quality prepared chicken fillet.

KEY WORDS: potato starch; vacuum tumbling; prepared chicken fillet; quality profiles

0 引言

鸡肉是最受消费者喜欢的肉制品之一, 具有高蛋白、低脂、低胆固醇、低热量的营养特点^[1]。近年来, 人们的物质生活水平不断提高, 消费者对鸡肉的消费喜好逐渐从数量型向质量型转变^[2]。同时我国肉鸡也面临着产能过剩的现状^[3], 因而, 在鸡肉产品的深加工(生产调理制品)和技术开发方面仍然存在着很大的发展空间。鸡柳是调理鸡肉制品中的主要产品, 口感丰富、味道鲜美、营养全面, 深受消费者青睐, 已成为市场上主要的鸡肉消费方式之一^[4]。

真空滚揉是调理肉制品加工中最常用的方法, 通过机械作用对肉进行翻滚、摔打, 从而缩短腌制时间, 提高出品率^[5]。相较于传统的静态腌制, 滚揉可使原料肉的肌纤维断裂、组织结构松软, 从而改善肉质结构, 提高肉的嫩度^[6]。同时, 滚揉能使肉中的盐溶性蛋白释放到肌肉组织表面^[7], 起到保水保油的作用。李可等^[8]研究证实, 真空滚揉腌制能够改善猪排骨的保水性、嫩度等品质。此外, 滚揉对肉制品的颜色等方面也有一定的影响^[9]。

在肉制品制作过程中淀粉的添加对产品品质具有非常大的影响, 可以提高肉制品的保水性、改善其组织状态等^[10]。马铃薯淀粉相较于玉米淀粉、木薯淀粉等天然淀粉颗粒粒径较大, 淀粉糊透明度高、持水力好, 能吸收自身重量四百多倍的水分^[11]。同时, 马铃薯淀粉分子结构上结合有磷酸基, 能够起到有效的保水作用^[12]。王晗等^[13]的研究也表明, 在发酵驴肉肠中添加 6% 马铃薯淀粉能使产品具有良好的保水性。说明在乳化肉制品中添加马铃薯淀粉对产品品质有一定的优化作用。

基于此, 本研究将改变滚揉腌制液中的马铃薯淀粉添加量[0、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5% ($m:m$)], 探讨不同马铃薯淀粉添加量对于真空滚揉腌制鸡柳品质特性的影响, 分析不同样品间各指标的差异性和相关性, 以期为鸡柳等调理肉制品的加工提供理论基础。

1 材料与方 法

1.1 材料与试剂

新鲜鸡胸肉(哈尔滨延大牧业有限公司); 马铃薯淀粉、食用盐、绵白糖、味精、复配磷酸盐(市售); 生姜粉、洋葱粉(泰州春和源食品有限公司)。

1.2 仪器与设备

300KR 全自动切片机(广州壹纲食品加工机械有限公司); BANJ-60L 真空滚揉机(中国艾博公司); TA-XT plus 型质构分析仪(英国 Stable Micro System 公司); TG16-WS 高速离心机(湖南湘仪实验室仪器开发有限公司); AQUALAB 4TE 水分活度仪(美国 Decagon Devices 仪器公司); ZE-6000 色差计(日本色电工业株式会社); DHC-9240A 电热鼓风干燥箱(上海一恒科学仪器有限公司); JB5374-91 电子天平[精度 0.0001 g, 梅特勒托利多仪器(上海)有限公司]。

1.3 实验方法

1.3.1 调理鸡柳配方

调理鸡柳配方如表 1 所示。本研究考察马铃薯淀粉添加量为 0、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%、2.5%(相对原料肉重)时, 调理鸡柳的品质变化。

表 1 调理鸡柳的配方
Table 1 Recipe for prepared chicken fillet

主料	质量/g	配料	质量/g	配料	质量/g
鸡胸肉	1000	食用盐	7	白砂糖	6
冰水混合物	300	姜粉	7	复配磷酸盐	5
		洋葱粉	5	味精	7

1.3.2 工艺流程

工艺流程图见图 1。

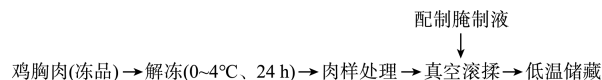


图 1 工艺流程图

Fig.1 Process flow diagram

1.3.3 操作要点

肉样处理: 用全自动切片机将半解冻的鸡胸肉切成 1 cm 厚的片状, 再沿肌纤维方向切成条状, 每条约 7~9 g^[14]。

配制腌制液: 无菌冰水 30%, 复配磷酸盐 0.5%, 食用盐 0.7%, 白砂糖 0.6%, 味精 0.7%, 姜粉 0.7%, 洋葱粉 0.5%, 马铃薯淀粉(0、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%和 2.5%), 以上均基于原料肉质量。

真空滚揉: 固定工作时间 60 min, 按摩时间 20 min, 暂停时间 5 min, 温度 7°C, 按摩速度 40 Hz, 真空度 101 Kpa。

1.4 测定指标

1.4.1 出品率

经肉样处理成条状的原料肉称重, 记作 M_1 , g, 滚揉后肉样称重, 记作 M_2 , g。出品率计算公式如式(1)。

$$\text{出品率}/\% = \frac{M_2}{M_1} \times 100\% \quad (1)$$

1.4.2 蒸煮损失

根据 ABUBAKAR 等^[15]的方法, 取一块肉条称重, 记作 M_3 , g, 装于密封袋中, 75°C水浴加热, 待肉心温度升高到 75°C后再保温 20 min, 0~4°C冷藏过夜, 取出肉条用滤纸擦干表面水分称重, 记作 M_4 , g。蒸煮损失计算公式如式(2)。

$$\text{蒸煮损失}/\% = \frac{M_3 - M_4}{M_3} \times 100\% \quad (2)$$

1.4.3 水分含量

根据 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》, 采用直接干燥法。称重空铁盒质量, 记作 M_5 , g, 取一块肉条置于铁盒中称重, 记作 M_6 , g, 105°C烘干, 每隔 4 h 称重一次, 待质量不变后, 记作 M_7 , g。水分含量计算公式如式(3)。

$$\text{水分含量}/\% = \frac{M_6 - M_7}{M_6 - M_5} \times 100\% \quad (3)$$

1.4.4 水分活度

根据 GB 5009.238—2016《食品安全国家标准 食品水分活度的测定》, 采用水分活度仪扩散法。将鸡柳样品打碎成肉泥状态, 采约 7 mL 样品, 平铺在样品杯中, 将样品杯置于检测仓中, 合上仪器盖子, 密封等待蒸汽达到平衡, 读取并记录数据。

1.4.5 色差

根据 JIA 等^[16]所述的方法, 用色差计来测定调理鸡柳的亮度值(lightness, L^*)、红度值(redness/greenness, a^*)和黄度值(yellowness/blueness, b^*)。测量前用标准盒和白色参比板进行校准, 测量时将鸡柳样品打碎成肉泥状态, 平铺在色差杯中, 盖住色差杯底部, 运行色差计。每组样品测量 3 次平行, 每次平行测量 3 个不同位置。

1.4.6 质构特征

参考 SOBCZAK 等^[17]的方法测定调理鸡柳的质构特性。

将样品至于 75°C水浴锅中 20 min, 取出冷却后 4°C冷藏过夜。测定时将肉条表面水分擦干, 将样品切成 1 cm×1 cm×1 cm 的小块进行质构测定。采用 P50 探头在全质构测试(textural properties analysis, TPA)模式下进行测定^[18], 具体参数为: 测试前速度 1.5 mm/s, 测试速度 1.5 mm/s, 测试后速度 2.0 mm/s, 触发力 Auto-5.0 g, 样品首次轴向压缩至原始高度的 15.0%, 第二次轴向压缩至样品的 50.0%。测定指标包括: 硬度、弹性、回复性和凝聚性。

1.4.7 剪切力

样品参考 SOBCZAK 等^[17]的方法: 75°C水浴加热, 待肉心温度升高到 75°C后再保温 20 min, 0~4°C冷藏过夜, 取出肉条擦干表面水分, 分别取长度、粗细均匀的样品进行剪切力测定。实验参数如下: 选用 A/MORS 探头, 测试前速度为 1.00 mm/s, 测试速度为 1.00 mm/s, 测试后速度为 5.00 mm/s, 下切距离 5.00 mm, 触发力 Auto-20.0 g, 每个样品切 5 次。

1.5 数据处理

每次测定均重复 3 次, 最终数据以平均值±标准偏差表示。使用 Excel 2016 进行数据整理。使用 IBM SPSS 25 软件进行显著性差异($P < 0.05$)和相关性分析, 采用单因素方差分析(one-way analysis of variance, ANOVA)检验, 相关性分析结果采用皮尔逊相关系数表示。使用 Origin 2021 软件进行归一化运算和作图。

2 结果与分析

2.1 淀粉添加量对调理鸡柳出品率的影响

由表 2 可以看出, 与不添加淀粉的对照组相比, 添加马铃薯淀粉量超过 1.0%后, 调理鸡柳的出品率显著增加($P < 0.05$), 并且随着添加量的增加, 调理鸡柳的出品率总体呈升高趋势, 添加量在 2.0%时, 出品率最大。这是由于淀粉能与水发生水化作用, 形成黏度较大的均匀透明糊液, 在肉表面形成包裹层, 并且在真空滚揉过程中, 肌原蛋白释放到肌肉表面, 与淀粉发生相互纠缠, 这种大分子之间的纠缠对水分的滞留阻力影响较大, 缠结越紧密, 滞留阻力越大^[19], 有利于水分和溶质在肌肉组织间快速均匀分布, 出品率显著提高。

表 2 淀粉添加量对调理鸡柳出品率及水分含量、水分活度、蒸煮损失的影响($n=3$)

Table 2 Effects of starch addition on the yields, moisture content, water activities and cooking losses of prepared chicken fillets ($n=3$)

淀粉添加量/%	出品率/%	水分含量/%	水分活度	蒸煮损失/%
0	130.25±2.6799 ^b	78.55±0.7542 ^a	0.9923±0.0003 ^a	35.31±1.1511 ^a
0.5	132.94±0.8768 ^{ab}	76.75±0.1500 ^b	0.9918±0.0025 ^a	34.52±0.8316 ^a
1.0	133.64±0.6576 ^a	76.18±0.2350 ^{bc}	0.9904±0.0001 ^b	32.15±1.1650 ^b
1.5	134.18±0.1697 ^a	75.82±0.4122 ^{cd}	0.9894±0.0005 ^{cd}	30.13±0.5050 ^c
2.0	135.77±0.7707 ^a	75.55±0.2950 ^{cd}	0.9889±0.0004 ^d	27.46±0.4050 ^d
2.5	134.25±0.6364 ^a	75.21±0.5972 ^d	0.9897±0.0004 ^c	22.33±1.0946 ^c

注: 表中各项值表示为平均值±标准偏差; 每一列中不同小写字母代表差异显著($P < 0.05$), 下同。

2.2 淀粉添加量对调理鸡柳水分含量和水分活度的影响

从表 2 可发现, 淀粉添加量对调理鸡柳的水分含量有一定影响。淀粉添加量在 2.5% 时, 水分含量最低, 添加量在 0 时, 水分含量最高。但水分含量的高低并不能较好说明持水能力的高低, 还需结合其他指标的变化综合评价淀粉添加量对持水力的影响^[20]。水分活度表示调理肉制品中水分存在的真实状态, 它表达了水分能为化学和物理反应利用的有效程度, 能够反映微生物生长所需的自由水的情况^[21]。由表 2 可知, 与不添加淀粉的对照组相比, 添加超过 1.0% 的马铃薯淀粉的实验组水分活度显著降低($P<0.05$), 在 2.0% 时达到最低, 这是因为在淀粉分子中, 葡萄糖残基上亲水性较强的 -OH 和“螺旋状笼形结构”是结合水部位^[22], 能够增大水与食品的结合程度从而使水分活度降低。

2.3 淀粉添加量对调理鸡柳蒸煮损失的影响

蒸煮损失可以反映加工过程中肉制品保持其水分的能力。由表 2 可以看出, 与不添加淀粉的对照组相比, 添加马铃薯淀粉量超过 1.0% 后, 调理鸡柳的蒸煮损失随着添加量的增加持续显著降低($P<0.05$)。表明调理鸡柳的持水力随着淀粉添加量的增加而增强。这是因为淀粉在加热过程中出现了糊化现象, 吸水膨胀并在鸡肉表面形成了能够减少水分蒸发的保护层^[23]。

2.4 淀粉添加量对调理鸡柳质构特征和剪切力的影响

淀粉的溶解度和膨胀势会极大地影响肉制品的感官性质^[24], 质构分析的结果不仅能准确反映出产品的感官特征, 并且能侧面反映出蛋白基质的结构完整性及与其他成分的结合情况^[25]。嫩度是消费者评判肉质优劣的最常用指标, 肉制品的商业价值很大程度上取决于其嫩度状况^[26]。

剪切力是常用来反映肉制品嫩度的指标, 剪切力越小说明肉制品的嫩度越大。由表 3 可以看出, 淀粉添加量显著影响了调理鸡柳的剪切力($P<0.05$), 随着淀粉添加量的升高, 调理鸡柳的剪切力呈现先下降后上升的趋势, 在添加量为 2.0% 时达到最低。这与张晶等^[27]研究淀粉添加量对苦荞复合火腿肠凝胶特性发现随淀粉添加量升高, 火腿肠的嫩度先增加而

后降低的结果一致。同时, 如表 3 所示, 随着淀粉添加量由 0 增加到 2.0%, 调理鸡柳的硬度降低, 在添加量为 2.0% 时达到最低, 且与其他水平的结果有显著区别($P<0.05$), 而从 2.0% 到 2.5% 又有显著升高($P<0.05$)。这是由于淀粉具有较强的吸水性, 其加热糊化过程中可以吸收大于自身体积好几十倍的水分, 在提高了保水性的同时还改善了肉制品的组织状态^[28], 克服了鸡胸肉干柴的缺点。但过量的淀粉在冷藏过程中会发生回生, 即淀粉分子糊化后经冷却一段时间, 淀粉分子通过氢键重新排列, 开始发生缔合, 葡聚糖链重新组合成一个新的有序结构, 出现脱水收缩现象^[29-31]。

同时, 弹性和回复性也随着淀粉添加量的升高而显著升高($P<0.05$), 并分别在淀粉添加量为 2.0% 和 1.5% 时达到最高。这是因为淀粉具有良好的热特性, 马铃薯淀粉的热焓变化在 3.33~5.22^[32], 能够赋予肉制品良好的弹性。

此外, 调理鸡柳的凝聚性也随着淀粉添加量的变化存在差异。与不添加淀粉的对照组相比, 添加淀粉的实验组其凝聚性显著升高($P<0.05$), 在添加量为 1.5% 时达到最大值。这与淀粉的膨胀性和吸水能力有关, 淀粉吸水膨胀后能在调理鸡柳中形成凝胶结构, 这种凝胶结构对水分具有一定的束缚能力, 能够阻止水分从肉中渗出。凝聚性则反映了淀粉凝胶中蛋白与水的结合情况^[33], 结合越紧密则肉制品的凝聚性越好。

2.5 淀粉添加量对调理鸡柳颜色的影响

颜色具有直观性, 肉制品的色泽是影响消费者购买的最直接因素, 因此也成为肉制品定价的重要因素。颜色鲜亮的肉一般被认为是新鲜、美味、口感好。由表 4 可知, 随着淀粉添加量的增加, 调理鸡柳的亮度(L^*)显著上升($P<0.05$), 并在淀粉添加量为 2.0% 时达到最大值, 这是因为该样品持水力强, 大量水分子提高了光散射强度, 使产品亮度最明显^[34]。红度值(a^*)主要与肌肉蛋白的化学状态及含量有关, 血红蛋白未被氧化时呈鲜红色, 氧化后呈褐色, 调理鸡柳的红度值(a^*)随着淀粉添加量的增加呈现先上升后下降的趋势, 产生这样的结果可能与这几组调理鸡柳的肌红蛋白氧化程度有关^[20]。此外, 各组调理鸡柳的黄度值(b^*)无显著变化($P>0.05$), 说明添加淀粉对调理鸡柳的黄度值(b^*)没有影响。

表 3 淀粉添加量对调理鸡柳剪切力和质构特征的影响($n=3$)

Table 3 Effects of starch additions on the shear forces and texture characteristics of prepared chicken fillets ($n=3$)

淀粉添加量/%	剪切力/N	硬度/g	弹性	回复性	凝聚性
0	4.7263±0.0576 ^a	52.16±0.4028 ^a	0.1027±0.0015 ^f	0.0413±0.0006 ^f	0.1433±0.0021 ^c
0.5	3.7470±0.0400 ^b	41.80±1.9562 ^b	0.1353±0.0035 ^e	0.0503±0.0006 ^e	0.1557±0.0006 ^d
1.0	3.6017±0.0505 ^c	35.68±0.1829 ^{cd}	0.1480±0.0017 ^d	0.0580±0.0010 ^d	0.1640±0.0035 ^b
1.5	2.6373±0.0254 ^f	34.65±0.2800 ^d	0.1777±0.0012 ^c	0.0660±0.0010 ^a	0.2037±0.0029 ^a
2.0	1.9230±0.0404 ^e	32.59±0.2853 ^e	0.2027±0.0101 ^a	0.0580±0.0010 ^b	0.1920±0.0017 ^b
2.5	3.3070±0.0625 ^d	36.05±0.7035 ^e	0.1870±0.0050 ^b	0.0537±0.0012 ^c	0.1840±0.0030 ^c

注: 硬度实际值为表中值×100。

表 4 淀粉添加量对调理鸡柳颜色的影响($n=3$)
Table 4 Effects of starch additions on the color of prepared chicken fillet ($n=3$)

淀粉添加量/%	L^*	a^*	b^*
0	60.98±0.1528 ^c	6.290±0.0557 ^c	23.18±0.1350 ^a
0.5	58.13±0.0513 ^c	7.207±0.0289 ^b	23.21±0.1082 ^a
1.0	55.52±0.2805 ^f	7.237±0.0666 ^b	23.10±0.0473 ^a
1.5	59.12±0.0208 ^d	7.773±0.0351 ^a	23.23±0.1127 ^a
2.0	64.49±0.0643 ^a	6.870±0.0100 ^c	23.21±0.1266 ^a
2.5	62.55±0.0666 ^b	6.680±0.0100 ^d	23.26±0.0208 ^a

表 5 各指标相关性分析结果
Table 5 Correlation analysis results of each indicator

	凝聚性	弹性	剪切力	硬度	水分活度	水分含量	蒸煮损失
回复性	0.87**	0.74**	-0.80**	-0.88**	-0.83**	-0.78	-0.41
凝聚性		0.91**	-0.89**	-0.83**	-0.94**	-0.82**	-0.69**
弹性			-0.93**	-0.91**	-0.96**	-0.93**	-0.83**
剪切力				0.88**	0.93**	0.81**	0.58*
硬度					0.92**	0.95**	0.65**
水分活度						0.89**	0.76**
水分含量							0.82**

注: *表示相关性显著, $P<0.05$, **表示相关性极显著, $P<0.01$ 。

3 结论

本研究主要探讨了 0、0.5%、1.0%、1.5%、2.0%和 2.5%的淀粉添加量对真空滚揉腌制的调理鸡柳品质的影响。研究表明,与不添加淀粉的对照组相比,添加马铃薯淀粉超过 1.0%后,调理鸡柳的出品率显著增加($P<0.05$),并在添加量为 2.0%时达到最大。同时,随淀粉添加量的增加,蒸煮损失和水分活度降低,分别在添加量为 2.5%和 2.0%时达到最低,表明添加淀粉能提升调理鸡柳的持水力。添加淀粉也影响了调理鸡柳的质构特征,淀粉添加量在 2.0%时,调理鸡柳的硬度和剪切力达到最低,弹性达到最高,淀粉添加量在 1.5%时,回复性和凝聚性达到最高,且与其他淀粉添加量水平的结果存在显著差异($P<0.05$)。相关性分析的结果也表明,调理鸡柳的持水力与硬度、弹性等质构特征密切相关。此外,添加淀粉也使调理鸡柳的颜色更加鲜亮,添加量为 2.0%时亮度最高,添加量为 1.5%时红度值最高,能够刺激消费者购买。由此可以

2.6 调理鸡柳品质各指标相关性

调理鸡柳品质指标相关性分析结果如表 5 所示。水分含量、蒸煮损失和水分活度呈极显著正相关($P<0.01$),因为三者均为评价调理肉制品持水力的重要指标,且三者与调理鸡柳的质构特征存在一定的相关性。其中水分含量和水分活度与调理鸡柳的硬度和剪切力呈极显著正相关($P<0.01$),蒸煮损失与硬度呈极显著正相关($P<0.01$),与剪切力呈显著正相关($P<0.05$),三者均与弹性和凝聚性呈极显著负相关($P<0.01$),水分活度与回复性呈极显著负相关($P<0.01$)。这表明调理鸡持水力越强,其硬度越低,弹性、回复性、凝聚性和嫩度越高。与曹叶萍等^[35]、崔宏博等^[36]的研究结果一致。

得出结论,采用真空滚揉腌制的调理鸡柳最适淀粉添加量比例应在 1.5%~2.0%之间,若要精确真空滚揉腌制调理鸡柳的最适淀粉添加量,应进行更深入的品质改良研究。另外,关于滚揉腌制结合其他食品加工技术的应用也有必要开展进一步研究。

参考文献

- [1] 张英,白杰,张海峰. 鸡肉制品的现状与发展[J]. 肉类研究, 2009, (8): 72-75.
ZHANG Y, BAI J, ZHANG HF. The development and status of chicken produces [J]. Meat Res, 2009, (8): 72-75.
- [2] 李雪,高梦锦,李京京,等. 影响鸡肉品质候选基因的研究进展[J]. 中国家禽, 2020, 42(5): 79-84.
LI X, GAO MJ, LI JJ, et al. Research advances on candidate genes affecting chicken quality [J]. China Poul, 2020, 42(5): 79-84.
- [3] 张敬毅,张莉. 2020 年中国肉鸡市场分析与未来展望[J]. 农业展望, 2021, 17(1): 3-8.
ZHANG JY, ZHANG L. Analysis on China's broiler market in 2020 and its future outlook [J]. Agric Outlook, 2021, 17(1): 3-8.

- [4] 齐梦圆, 周媛媛, 纪宗妍, 等. 鸡肉产品加工研究进展[J]. 农产品加工, 2017, (21): 61–65.
QING MY, ZHOU YY, JI ZY, *et al.* Research progress of chicken products [J]. *Farm Prod Process*, 2017, (21): 61–65.
- [5] 许美玉, 何丹, 宋洪波, 等. 真空滚揉-超高压制备调理鸡胸肉工艺优化[J]. 食品与机械, 2020, 36(8): 171–177.
XU MY, HE D, SONG HB, *et al.* Optimization of vacuum tumbling combined ultra-pressure treatment preparation of conditioned chicken breast [J]. *Food Mach*, 2020, 36(8): 171–177.
- [6] BOMBRUN L, GATELLIER P, PORTANGUEN S, *et al.* Analysis of the juice and water losses in salted and unsalted pork samples heated in water bath. Consequences for the prediction of weight loss by transfer models [J]. *Meat Sci*, 2015, 99: 113–122.
- [7] CHEN X, LUO J, LOU A, *et al.* Duck breast muscle proteins, free fatty acids and volatile compounds as affected by curing methods [J]. *Food Chem*, 2021, 338: 128138.
- [8] 李可, 闫路辉, 栗俊广, 等. 不同腌制方式对猪排骨品质的影响[J]. 食品工业, 2019, 40(10): 128–132.
LI K, YAN LH, LI JG, *et al.* Effect of different curing methods on the quality of pork ribs [J]. *Food Ind*, 2019, 40(10): 128–132.
- [9] DAUDIN JD, SHAREDEH D, FAVIER R, *et al.* Design of a new laboratory tumbling simulator for chunked meat: Analysis, reproduction and measurement of mechanical treatment [J]. *J Food Eng*, 2016, 170: 83–91.
- [10] 韩齐, 赵家圆, 冯欣欣, 等. 燕麦麸和淀粉添加量对肉丸品质的影响[J]. 黑龙江八一农垦大学学报, 2021, 33(1): 40–45.
HAN Q, ZHAO JY, FENG XX, *et al.* Effect of oat bran and starch addition on the quality of meatballs [J]. *J Heilongjiang Bayi Agric Univ*, 2021, 33(1): 40–45.
- [11] 刘振亚. 不同品种马铃薯的加工适应性及应用研究[D]. 银川: 北方民族大学, 2019.
LIU ZY. Study on processing adaptability and application of different potato varieties [D]. Yinchuan: Northern University for Nationalities, 2019.
- [12] 高嘉安. 淀粉及淀粉工艺学[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 2001.
GAO JAN. Starch and starch technology [M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2001.
- [13] 王晗, 朱颖男, 高远, 等. 发酵驴肉肠的工艺优化[J]. 肉类研究, 2019, 33(5): 43–49.
WANG H, ZHU YN, GAO Y, *et al.* Optimization of main ingredients for the manufacture of fermented donkey sausage [J]. *Meat Res*, 2019, 33(5): 43–49.
- [14] 宋进超. 无骨鸡柳的加工配方及工艺[J]. 肉类工业, 2006, (1): 17.
SONG JC. Processing prescription and technology of boneless chicken fillet [J]. *Meat Ind*, 2006, (1): 17.
- [15] ABUBAKAR A, FITRICA, KOESMARAH, *et al.* Analysis of pH and cooking losses of chicken meat due to the use of different percentages of turmeric flour [J]. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*, 2021, 667(1): 012042.
- [16] JIA N, KONG BH, LIU Q, *et al.* Antioxidant activity of black currant (*Ribes nigrum* L.) extract with aqueous ethanol and its inhibitory effect on lipid and protein oxidation of pork patties during chilled storage [J]. *Meat Sci*, 2012, 91: 533–539.
- [17] SOB CZAK M, LACHOWICZ K, ŻOCHOWSKA KJ, *et al.* The influence of giant fibres on utility for production of massaged products of porcine muscle longissimus dorsi [J]. *Meat Sci*, 2010, (84): 638–644.
- [18] HUANG SQ, CHA OC, YU JL, *et al.* New insight into starch retrogradation: The effect of short-range molecular order in gelatinized starch [J]. *Food Hydrocolloid*, 2021, 120: 106921.
- [19] 史亚萍. 高鱼糜含量鲢鱼膨化脆片的制备工艺研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013.
SHI YP. Study on preparation of silver carp puffed crisps of high the surimi content [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2013.
- [20] 杨依然, 祝莹. 玉米淀粉添加对低脂乳化香肠持水力的影响[J]. 粮食与食品工业, 2021, 28(1): 33–36, 41.
YANG YR, ZHU Y. Effect of corn starch on water holding capacity of low-fat emulsion sausage [J]. *Cere Food Ind*, 2021, 28(1): 33–36, 41.
- [21] 连风, 赵伟, 杨瑞金. 低水分活度食品的微生物安全研究进展[J]. 食品科学, 2014, 35(19): 333–337.
LIAN F, ZHAO W, YANG RJ. Microbiological safety of low-water activity foods [J]. *Food Sci*, 2014, 35(19): 333–337.
- [22] 许珍. 不同处理对马铃薯淀粉吸油吸水性影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2014.
XU Z. The effects of different treatments on oil absorption ratio and water adsorption ratio of raw potato starch [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2014.
- [23] OG INNI OC, SOBUKOLA OP, HENSHAW FO, *et al.* Effect of starch gelatinization and vacuum frying conditions on structure development and associated quality attributes of cassava-gluten based snack [J]. *Food Struct*, 2015, 3: 12–20.
- [24] 马晨, 孙健, 张勇跃, 等. 甘薯淀粉的结构特性, 物化特性及其加工应用[J]. 江西农业学报, 2021, 33(12): 54–62.
MA C, SUN J, ZHANG YY, *et al.* Structural and physicochemical properties and process applications of sweet potato starch [J]. *Acta Agric Jiangxi*, 2021, 33(12): 54–62.
- [25] SOU ISSI N, JRIDI M, NASRI R, *et al.* Effects of the edible cuttlefish gelatin on textural, sensorial and physicochemical quality of octopus sausage [J]. *Food Sci Technol*, 2016, 65: 18–24.
- [26] RESANO H, VEFLEN-OLSEN N, GRUNERT KG, *et al.* Consumer satisfaction with pork meat and derived products in five European countries [J]. *Appetite*, 2010, 56(1): 167–170.
- [27] 张晶, 王海滨. 淀粉对苦荞复合火腿肠和肉丸凝胶特性的影响[J]. 肉类工业, 2014, (7): 25–29.
ZHANG J, WANG HB. Effects of starch additions on gel characteristics of compound tartar buckwheat sausages and meatballs [J]. *Meat Ind*, 2014, (7): 25–29.
- [28] 郝娟. 添加剂对鸡肉肠品质的影响[D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2011.
HAO J. The influence of functional additives on the quality of chicken

- sausage [D]. Shanxi: Northwest Agriculture and Forestry University, 2011.
- [29] FAN Z. Interactions between starch and phenolic compound [J]. Trends Food Sci Technol, 2015, 43(2): 129–143.
- [30] CHANG Q, ZHENG BD, ZHANG Y, *et al.* A comprehensive review of the factors influencing the formation of retrograded starch [J]. Int J Biol Macromol, 2021, 186: 163–173.
- [31] DOBOSZ A, SIKORA M, KRYSZYJAN M, *et al.* Influence of xanthan gum on the short- and long-term retrogradation of potato starches of various amylose content [J]. Food Hydrocolloid, 2020, 102: 105–618.
- [32] WANG HL, YANG QH, UZIZERIMANA F, *et al.* Isolation and characterization of starch from light yellow, orange, and purple sweet potatoes [J]. Int J Biol Macromol, 2020, 160: 660–668.
- [33] 朱君. 膳食纤维对肌原纤维蛋白凝胶及香肠性质的影响[D]. 无锡: 江南大学, 2012.
ZHU J. Effect of dietary fiber on properties of myofibrillar protein gel and sausage [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2012.
- [34] 徐敬欣, 常婧瑶, 孔保华, 等. 水分添加量对肉粉肠品质特性的影响 [J]. 食品工业科技, 2022, (3): 1–11.
XU JX, CHANG JY, KONG BH, *et al.* Effects of water addition on the quality and degree of gelatinization of starch-meat sausage [J]. Sci Technol Food Ind, 2022, (3): 1–11.
- [35] 曹叶萍, 南家莲, 高静, 等. 糖醇部分替代蔗糖对猪肉脯水分分布变化及质构相关性分析[J]. 食品工业科技, 2019, 40(8): 7–11, 20.
CAO YP, NAN JL, GAO J, *et al.* Analysis of water distribution and texture correlation of pork jerky by partial replacement of sucrose by sugar alcohol [J]. Sci Technol Food Ind, 2019, 40(8): 7–11, 20.
- [36] 崔宏博, 薛勇, 宿玮, 等. 即食南美白对虾贮藏过程中水分状态的变化研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(6): 198–203.
CUI HB, XUE Y, SU W, *et al.* Study on moisture status change of ready-to-eat shrimp during storage [J]. J Chin Inst Food Sci Technol, 2012, 12(6): 198–203.

(责任编辑: 张晓寒 郑丽)

作者简介



张靖铭, 硕士研究生, 主要研究方向为畜产品加工工程。

E-mail: zhangjingmingX@163.com



刘 寒, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为畜产品加工工程。

E-mail: liuqian@neau.edu.cn