

刘欣, 曹荣安, 陈洪生, 等. 不同淀粉对低脂羊肉酥肉品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2023, 44(19): 32–38. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022110142

LIU Xin, CAO Rong'an, CHEN Hongsheng, et al. Effect of Different Starches on the Quality of Low Fat Lamb Pastry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(19): 32–38. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2022110142

· 研究与探讨 ·

不同淀粉对低脂羊肉酥肉品质的影响

刘 欣¹, 曹荣安¹, 陈洪生¹, 刁静静^{2,*}

(1. 黑龙江八一农垦大学食品学院, 黑龙江大庆 163319;

2. 黑龙江八一农垦大学国家杂粮工程技术研究中心, 黑龙江大庆 163319)

摘 要: 为了探究不同淀粉对低脂羊肉酥肉理化性质和感官品质的影响, 本文分别采用马铃薯淀粉、红薯淀粉、绿豆淀粉为挂浆原料制作羊肉酥肉, 以挂浆率、出品率、色度、水分分布、脂肪含量、质构特性和感官品质为评价指标, 考察不同类型挂浆淀粉对低脂羊肉酥肉品质的影响。实验结果表明: 以三种淀粉作为挂浆原料制作的低脂羊肉酥肉品质显著不同 ($P<0.05$), 其中红薯淀粉作为挂浆淀粉效果最佳, 其挂浆率和出品率分别为 55.28% 和 145.29%; 外壳和肉中的脂肪含量分别为 18.09% 和 3.78%, 显著低于其他处理组 ($P<0.05$); 通过低场核磁共振技术 (low-field nuclear magnetic resonance, LF-NMR) 的结果得出, 红薯淀粉处理组介于 T_{22} 范围内峰面积 A_{22} 和信号幅度最大, 不易流动水含量最多; 该处理组样品的硬度和咀嚼度最小, 分别为 2143.53 N 和 953.87 mJ, 肉质嫩; 且红薯淀粉处理组小酥肉外壳黄度值 b^* 为 23.39, 色泽金黄; 总体感官评价指标也较高。绿豆淀粉处理组具有较高的挂浆率和出品率, 分别为 75.30% 和 150.12%, 酥脆度较高, 但颜色较差, 外壳和肉中的脂肪含量分别为 25.72% 和 5.20%, 高于红薯淀粉处理组。马铃薯淀粉处理组的肉质偏硬。综合考虑, 红薯淀粉是作为低脂羊肉酥肉的挂浆淀粉的最优选择。

关键词: 羊肉酥肉, 淀粉, 品质, 吸油率

中图分类号: TS231

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2023)19-0032-07

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2022110142

本文网刊:



Effect of Different Starches on the Quality of Low Fat Lamb Pastry

LIU Xin¹, CAO Rong'an¹, CHEN Hongsheng¹, DIAO Jingjing^{2,*}

(1. College of Food Science, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China;

2. National Coarse Cereals Engineering Research Center, Heilongjiang Bayi Agricultural University, Daqing 163319, China)

Abstract: In this paper, the quality of lamb pastry made from three starch-based coating materials (e.g. potato starch, sweet potato starch and mung bean starch) was analyzed to investigate the effects of different starches on the physicochemical properties and sensory characteristics of low-fat lamb pastry by using coating rate, yield, color, water distribution, fat content, textural characteristics and sensory quality as evaluation indicators. The results showed that the quality of low-fat lamb pastry was significantly different among the three starch treatment groups ($P<0.05$). The coating and yield rates of the sweet potato starch treatment group were 55.28% and 145.29%, respectively, the fat content in the shell and meat was 18.09% and 3.78%, respectively. The results of the low-field NMR technique analysis concluded that the sweet potato starch treatment group had the highest content of non-fluid water, due to the largest peak area A_{22} and signal amplitude in the range of T_{22} , and its hardness and chewiness were 2143.53 N and 953.87 mJ, respectively. It also had a better color and sensory properties with a shell yellowness value b^* of 23.39. The mung bean starch treatment group had higher coating and yield rates of 75.30% and 150.12%, respectively, as well as higher crispness, but this group had poor color and significantly higher fat content in the shell and meat of 25.72% and 5.20%, respectively, than the sweet potato starch treatment group. The potato starch treatment group exhibited a harder meat texture. Altogether, sweet potato starch was the preferred choice

收稿日期: 2022-11-14

基金项目: 黑龙江省“百千万”重大攻关项目 (2021ZX12B05); 黑龙江省自然科学基金项目 (SS2022C002)。

作者简介: 刘欣 (1999-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 粮食、油脂及植物蛋白工程, E-mail: lx2274473604@163.com。

* 通信作者: 刁静静 (1981-), 女, 博士, 研究员, 研究方向: 食品科学, E-mail: diaojing62@163.com。

as a coating starch for low-fat lamb pastry.

Key words: lamb pastry; starch; quality; capacity of adsorption oil

小酥肉是我国地方的传统美食, 口感丰富、肉质细嫩、表皮香酥, 深受消费者青睐^[1-2]。其多以猪肉和禽肉为原料。羊肉是全世界普遍食用的肉制品之一, 全球消费量约 860 万吨/年, 现在已被认为是一种低脂、低胆固醇和高质量蛋白质的优质产品, 可以降低因摄入高脂引起的心脏相关疾病的风险^[3]。羊肉已逐渐成为消费者追求的优质肉制品。然而, 小酥肉在油炸过程中, 肉及其浆液会吸收大量的油, 小酥肉在给人们带来味蕾享受的同时, 也给大众的健康带来了隐患^[4]。尤其是近 20~30 年, 随着人群中肥胖症、心脑血管疾病等慢性病发病率的快速增长, 消费者对低脂肪饮食的需求日益强劲。因此, 如何降低油炸食品含油率, 控制和减少食品中油脂摄入等问题已成为食品领域专家研究的热点^[5-6]。大量研究已证实采用涂膜处理、蛋白质或淀粉的组分调配以及亲水胶体与制品主料复配、油炸工艺的调整等方式可降低油炸食品的油脂含量^[7]。大量研究已证实淀粉类型不同, 其结构与性质也有很大差别, 会对油炸食品的吸油量、产品质构等关键因素产生极大影响^[8]。张令文等^[9]研究发现淀粉可以通过糊化作用在肉的外表面形成致密的保护膜, 从而影响油炸产品中水分的蒸发和对油的吸收。Shih 等^[10]发现在油炸鸡腿面糊配方中使用预糊化淀粉、磷酸化淀粉和预糊化乙酰化淀粉均可提高面糊的粘度, 并减少油炸过程的油脂吸收。可见不同种类淀粉对油炸制品的吸油性影响不同。

淀粉的结构与性质是决定油炸制品吸油量、产品质构等食品质量的关键因素。目前常用于酥肉挂浆的淀粉主要为红薯淀粉^[11]。红薯淀粉价格低廉、产量丰富, 是当前食品行业中应用较为广泛的淀粉种类之一, 尤其在油炸食品中的应用。另外红薯淀粉中的直链淀粉含量较高, 研究发现直链淀粉含量与淀粉基油炸食品的吸油量有一定的相关性^[12]。马铃薯淀粉是典型的 B-型晶体结构淀粉, 其同样含有较高的直链淀粉, 且产量丰富^[13]。绿豆淀粉的晶体结构为 C-型结构, 与红薯淀粉相同, 同样也具有较高的直链淀粉含量, 同时还拥有抗菌抑菌、降血脂、抗肿瘤、解毒等功效^[14]。现有研究发现绿豆淀粉提供的能量值比其他谷物低, 对于肥胖者和糖尿病患者有辅助治疗的作用, 而且低聚糖是人体肠道内有益菌—双歧杆菌的增殖因子, 经常食用绿豆淀粉可改善肠道菌群, 减少有害物质吸收, 预防某些癌症^[15]。目前并没有利用上述淀粉用于制作低脂羊肉酥肉的相关研究。因此, 为开发一款优质低脂的羊肉小酥肉, 本文分别以不同来源、不同类型淀粉作为挂浆淀粉, 以羊后腿肉为原料制作羊肉小酥肉, 分别考察不同类型挂浆淀粉(马铃薯淀粉、红薯淀粉和绿豆淀粉)对低脂羊肉酥

肉挂浆率、出品率、色度、水分分布、外壳和肉中的脂肪含量、质构特性和感官品质的影响, 以期寻找一种具有低吸油性的淀粉基原料, 为发展传统挂浆类油炸肉制品工业化提供数据支撑与理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

羊腿肉 市售; 马铃薯淀粉(直链淀粉含量 20.37%; 支链淀粉含量 60.45%; 总淀粉含量 80.82%) 蒙森薯业店; 红薯淀粉(直链淀粉含量 32.11%; 支链淀粉含量 43.52%; 总淀粉含量 75.63%) 湖北特产美食店; 绿豆淀粉(直链淀粉含量 56.31%; 支链淀粉含量 16.95%; 总淀粉含量 73.26%) 天衢农家美妙食材店; 大料粉 河套美店; 其他辅料 市售; 其他试剂 均为国产分析纯。

FB124 电子天平 上海恒平科学仪器有限公司; CookerBene-yszg001 可控温日式油炸锅 嘉兴英吉奥家居用品有限公司; TA-XT2i 质构分析仪 美国 TA 公司; CR-410 色差仪 日本柯尼卡美能达株式会社; SOX500 全自动脂肪测定仪 海能未来技术集团股份有限公司; NMI20-15 低场核磁共振成像仪 苏州(上海)纽迈电子科技有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 低脂羊肉酥肉制备 原料肉→清洗→切条→腌制→初炸→复炸^[11]。

工艺要点: a.清洗: 将肉浸在水中 10 min, 泡出血水, 用力揉搓 1 min, 将碎末洗净。b.切条: 首先剔除羊腿肉的筋膜部分, 然后将肉切成 1 cm×1 cm×4 cm 的条状。c.腌制及挂浆: 将切好的肉条中加入含有 43% 淀粉的酥肉腌制料液 256 g, 拌匀至肉条挂满浆液, 室温下腌制 2 h。d.初炸: 取出腌制后的肉条, 在 160 ℃ 条件下油炸 2 min, 捞出沥干油。e.复炸: 将初炸后的肉条继续复炸 30 s, 直至表面金黄, 捞出沥油。

腌肉配方: 羊肉 100%, 淀粉 43%, 盐 0.1%, 鸡蛋 50%, 姜末 1.4%, 酱油 0.1%, 花椒粉 0.1%, 大料粉 0.4%, 料酒 4%, 糖 0.6%^[11]。

1.2.2 挂浆率 参考龙锦鹏等^[16]的方法, 稍有修改。称取肉条的质量 $m_1(\text{g})$, 称得浆的质量 $m_2(\text{g})$, 将肉片放入浆液中放置 2 h, 浆要浸没过肉条, 取出沥 5 s 后称浆质量 $m_3(\text{g})$, 作为计算挂浆量的依据。

$$\text{挂浆率}(\%) = \frac{m_2 - m_3}{m_1} \times 100$$

1.2.3 出品率 参考王雪^[17]方法, 将样品按照试验设计的温度和时间进行油炸, 结束后样品沥油 1 min, 待冷却后进行称重。出品率按下式进行计算:

$$\text{出品率}(\%) = \frac{\text{油炸后样品质量}}{\text{油炸前样品质量}} \times 100$$

1.2.4 色差 参考王文雅^[18]方法,采用色差仪对低脂羊肉酥肉表面的色泽进行分析,色度值 L^* 、 a^* 、 b^* , L^* 代表低脂羊肉酥肉的亮度值, a^* 代表低脂羊肉酥肉的红度值, b^* 代表低脂羊肉酥肉的黄度值。

1.2.5 水分分布 根据 Bertram 等^[19]的方法稍做修改。首先,将低脂羊肉酥肉放凉,去糊后,沿肌原纤维方向将肉样分割为 0.5 cm×0.5 cm×0.5 cm 的小块,将样品放入检测管中进行分析。参数设置: P1=15 μs 90°脉冲宽度, P2=29 μs 180°脉冲宽度, NS=16 重复次数。

1.2.6 脂肪含量 参照国标 GB5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》。

1.2.7 质构分析 参考高琦等^[20]的方法略作修改,将油炸后的低脂羊肉酥肉冷却至室温,剪切为大小相同的小块。采用 TA-XT2i 质构分析仪进行低脂羊肉酥肉质构的测定。测试探头型号: HDP/BSK; 参数设置: 起始力: 5 N; 测试速度: 60 mm/min, 回程速度: 60 mm/min, 测试后速回程距离 20.0 mm; 两次压缩间隔 1.0 s; 形变量 50%。测定酥脆度每种样品取 10 个样测 10 次,取平均值。测试过程中,出现的最大峰为样品硬度(H/g); 脆度(C)则由公式得出。

$$C = \frac{H}{H_{AV}}$$

式中: H_{AV} 表示得到的所有峰值平均值, g , 得到的峰值平均值与初始硬度有关; C 越高,则表示样品酥脆性越强。

1.2.8 感官评价 挑选 10 名经过专门感官培训的食品专业人员组成评定小组,按照食品感官评定的原则,对低脂羊肉酥肉的感官品质进行评定。将低脂羊肉酥肉成品放到一个洁白的盘子中,在感官评分室对其外观色泽、酥脆度、组织状态、气味和总体可接受度进行感官评价(如表 1)。

表 1 感官评价标准
Table 1 Sensory evaluation criteria

评分项目	评分标准	分数(分)
色泽(20分)	表面呈白色或深褐色	0~14
	表面呈浅黄或黄褐色	15~17
	表面呈金黄色	18~20
	外壳不酥脆,不膨松	0~14
酥脆度(20分)	外壳较不酥脆,较不膨松	15~17
	外壳酥脆,膨松	18~20
	无形状	0~14
组织状态(20分)	形状不规则	15~17
	形状较规则	18~20
	有异味	0~14
气味(20分)	香味较淡	15~17
	香味浓郁	18~20
总体可接受度(20分)	总体差不能接受	0~14
	总体良好可以接受	15~17
	总体能接受	18~20

1.3 数据处理

每组实验指标的测定均采取至少 3 次重复。实验数据采用软件 SPSS 24.0 进行统计分析,方差分析采用 ANOVA 分析,多重比较采用 Duncan 法, $P<0.05$ 表示差异显著。试验数据以“平均值±标准差(Mean±SD)”来表示。并采用 SigmaPlot 13.0 作图。

2 结果与分析

2.1 不同淀粉对低脂羊肉酥肉挂浆率与出品率的影响

图 1 反映的是不同淀粉裹涂制作的低脂羊肉酥肉及其得率变化情况。挂浆率是挂浆油炸食品的一个重要指标,影响着挂浆油炸食品的质量和出品率。图 1A 是不同挂浆淀粉开发的低脂羊肉酥肉样品,由图可知,三种酥肉样品的颜色和挂浆率不同,马铃薯淀粉色泽偏暗,挂浆率低,能直接看到肉条;红薯淀粉和绿豆淀粉的色泽金黄,绿豆淀粉处理组挂浆率显著高于马铃薯淀粉处理组($P<0.05$);图 1B 和图 1C 分别反映的是不同样品的挂浆率和产品出品率情况。图 1B、1C 与图 1A 显示的结果相同,绿豆淀粉处理组具有较高的挂浆率和出品率,分别为 75.30% 和 150.12%,这是由于不同淀粉中直链淀粉的含量不同,绿豆淀粉的直链淀粉含量相对较多^[18],形成的糊黏度较高,所以挂浆油炸后低脂羊肉酥肉外表层最致密,挂浆率也最高。红薯淀粉处理组为 55.28% 和 145.29%,其挂浆率与绿豆淀粉处理组相比差异显著($P<0.05$)。马铃薯淀粉处理组的挂浆率和出品率最低。

2.2 不同淀粉对低脂羊肉酥肉色泽的影响

图 2 表示的是低脂羊肉酥肉的色度值。由图可知,马铃薯淀粉处理组和红薯淀粉处理组的亮度值(Luminosity, L^*)较低,分别为 41.49 和 41.07,绿豆淀粉处理组的 L^* 值较马铃薯淀粉和红薯淀粉处理组高出 9.59 和 10.01,且差异显著($P<0.05$)。Silva-fábio 等^[21]的研究发现 L^* 值的下降在一定程度上反映了脱水强度,该结果表明绿豆淀粉的水分含量低。马铃薯淀粉处理组和红薯淀粉处理组拥有较高的 a^* 红度值,分别为 6.88 和 6.59,绿豆淀粉处理组的 a^* 红度值略低为 5.72;而红薯淀粉处理组和绿豆淀粉处理组的 b^* 黄度值分别为 23.39 和 23.73,显著高于马铃薯淀粉处理组的 b^* 黄度值($P<0.05$)。刘雅宁等^[11]的研究发现经过油炸后的淀粉发生美拉德反应, L^* 值会逐渐减小,而 a^* 值和 b^* 值会逐步增加,从而形成金黄色泽,由于 b^* 值反映的是产品的黄度值,所以 b^* 值越大代表低脂羊肉酥肉颜色越金黄。综合以上数据得出,当使用红薯淀粉作为挂浆淀粉时,低脂羊肉酥肉的颜色可以达到最佳效果,色泽接受度最高。

2.3 不同淀粉对低脂羊肉酥肉水分分布的影响

图 3 为不同淀粉处理组弛豫时间 T_2 分布图。低场核磁共振图谱如图所示,每个曲线上都有 3 个波峰,代表着样品中水分存在的 3 种形态,分别为结合水、不易流动水、自由水^[22]。 T_{21} 表示深层结合水

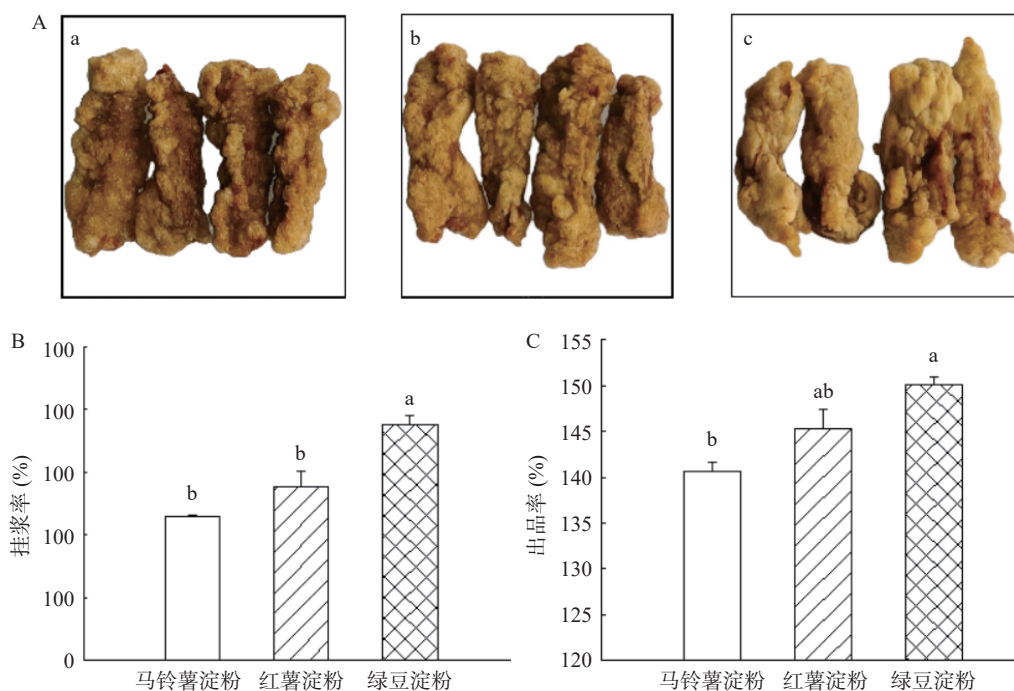


图 1 不同挂浆淀粉对低脂羊肉酥肉的挂浆率与出品率的影响

Fig.1 Effect of different starches on the coating rate and yield of low-fat lamb pastry

注: A 为不同挂浆淀粉开发的低脂羊肉酥肉样品: (a) 表示马铃薯淀粉处理组, (b) 表示红薯淀粉处理组, (c) 表示绿豆淀粉处理组; 不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 图 2、图 4、图 5 同。

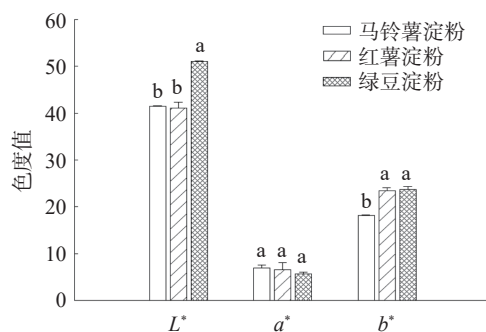
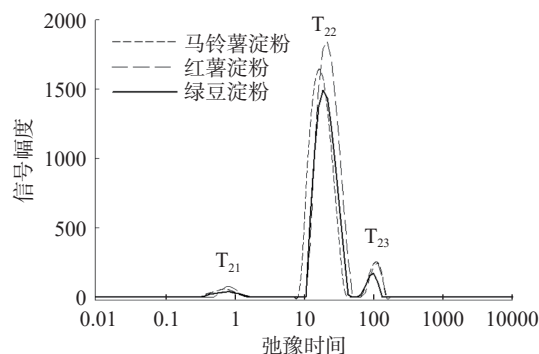


图 2 不同挂浆淀粉对低脂羊肉酥肉外壳糊色泽的影响

Fig.2 Effect of different starches on the shell color of low-fat lamb pastry

图 3 不同淀粉处理组弛豫时间 T_2 分布图Fig.3 T_2 distribution of relaxation time on different starches treatment groups

又叫结合水,主要是与蛋白紧密结合的水; T_{22} 表示不易流动水,流动性介于结合水和自由水之间,此部分水结合于蛋白质、糖等大分子之间; T_{23} 是存在于细胞外间隙的水分子,主要靠毛细管凝结作用而存在于肌肉中的自由水^[23]。由图可知, T_{22} 的信号幅值占总信号的 90% 左右,表明油炸挂糊肉中水分的主要存在形态为不易流动水^[24]。淀粉在一定温度下会发生糊化,其中淀粉颗粒会在水中溶胀和分解,形成均匀的糊状溶液,糊化后的淀粉会在原料外层形成致密的保护层,能防止水分的流失^[25]。从图中可以看出,红薯淀粉处理组介于 T_{22} 范围内峰值面积 A_{22} 和信号幅度都最大,绿豆淀粉处理组的峰值面积和信号幅度都最小,这说明红薯淀粉处理组不易流动水含量最多,绿豆淀粉处理组不易流动水含量最少。可见红薯淀粉糊化程度最好,可以将肉很好的包裹住,减少了水分的流失,这对保持肉的嫩度有很大的作用。

2.4 不同淀粉对低脂羊肉酥肉脂肪含量的影响

图 4 表示的是不同淀粉裹涂制作的低脂羊肉酥肉外壳和肉的脂肪含量。由图可知,不同的淀粉种类对裹涂低脂羊肉酥肉油炸后的脂肪含量显著不同。马铃薯淀粉处理组外壳层和肉中的脂肪含量最高,分别为 28.59% 和 5.54%,其次为绿豆淀粉处理组外壳层和肉中的脂肪含量分别为 25.72% 和 5.20%,红薯淀粉处理组外壳层和肉中的脂肪含量都最低,其外壳层中的脂肪含量与马铃薯淀粉和绿豆淀粉处理组相比差异显著 ($P < 0.05$)。这与 Mohamed 等^[26] 研究得到的结论类似,吸油率与直链淀粉含量呈负相关,可能是由于红薯淀粉和绿豆淀粉中直链淀粉含量要多于马铃薯淀粉,具有较好的成膜性,可通过形成保护膜而降低最终产品的含油率^[27]。但油炸过程中损失的水分被蒸发形成的毛细血管吸收的油所取代,也会

导致脂肪含量的增加,由图 3 可知,绿豆淀粉处理组的水分损失最大,所以绿豆淀粉处理组外壳层和肉中的脂肪含量较红薯淀粉处理组高。通过图 3 还可以看出红薯淀粉处理组介于 T_{22} 范围内的峰值面积和信号幅度均最大,不易流动水最多,所以红薯淀粉糊化程度最好,可以将肉很好的包裹住,减少了水分的流失,进而降低了油脂吸收。而且,有研究表明油炸食品 80% 以上的油脂吸收发生在冷却阶段^[28],吸油量多少与裹涂制品的结构有关,吸油量增加表明淀粉发生了多孔结构的坍塌,此结果表明红薯淀粉的结构在油炸过程中相对稳定。

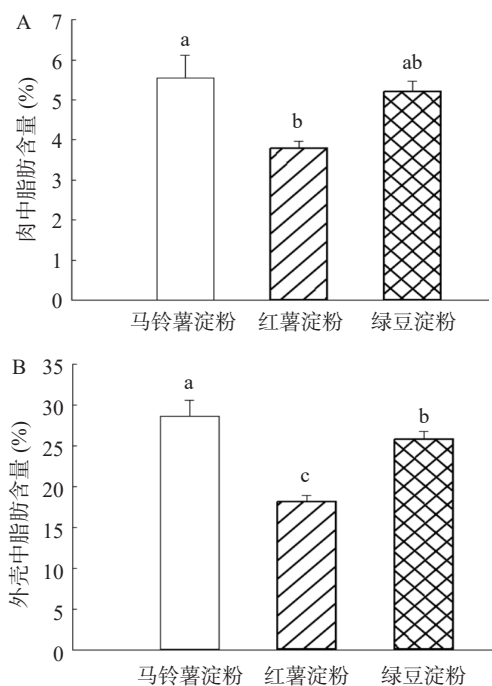


图 4 不同挂浆淀粉对低脂羊肉酥肉外壳和肉中脂肪含量的影响

Fig.4 Effect of different starches on the fat content on the shell and meat of low-fat lamb pastry

2.5 不同淀粉对低脂羊肉酥肉质构的影响

表 2 反映的是不同淀粉处理组对低脂羊肉酥肉质构特性的影响。酥脆的外壳是小酥肉深受消费者喜爱的主要因素。淀粉的成膜性和凝胶特性有效阻止了内芯肉中水分子和油分子向外层面糊的扩散,从而提高了样品外壳酥脆感^[29]。由表 2 可知,绿豆淀

表 2 不同挂浆淀粉对低脂羊肉酥肉质构的影响

Table 2 Effects of different starches on texture of low-fat lamb pastry

样品	马铃薯淀粉	红薯淀粉	绿豆淀粉
酥脆度(g/g)	1.31±0.01 ^a	1.40±0.04 ^a	1.45±0.06 ^a
嫩度(N)	2709.81±14.04 ^a	3119.17±122.68 ^a	3098.89±148.28 ^a
切割用功(N)	12918.26±232.47 ^b	16053.45±280.96 ^a	16670.41±208.46 ^a
硬度(N)	4749.68±95.25 ^a	2143.53±142.66 ^c	3585.26±99.14 ^b
弹性(mm)	0.68±0.14 ^a	0.80±0.02 ^a	0.75±0.01 ^a
咀嚼度(mJ)	1986.06±33.11 ^a	953.87±7.84 ^b	2040.27±72.88 ^a

注:不同小写字母表示同行数据差异显著($P<0.05$)。

粉处理组的酥脆度最高,为 1.45 g/g,马铃薯淀粉处理组与红薯淀粉处理组的酥脆度分别为 1.31 和 1.40 g/g,三组差异不显著($P<0.05$),马铃薯淀粉处理组酥脆性最低,其原因可能是由于马铃薯淀粉挂糊率较低,脂肪含量又较高,在冷却过程中与肉中的油分外溢,造成了外壳被“浸湿”,进而导致酥脆度不高^[30]。马铃薯淀粉处理组的嫩度与切割用功最小,绿豆淀粉处理组的嫩度与切割用功最大。这主要是由于绿豆淀粉挂糊较多,形成了较厚的外壳,增加了低脂羊肉酥肉的硬度。而马铃薯淀粉处理组的挂浆率最低,所以嫩度与切割用功也最小。硬度结果发现,油炸后红薯淀粉处理组的硬度最小,为 2143.53 N,相较于马铃薯淀粉处理组和绿豆淀粉处理组显著低出 2606.15 N 和 1164.42 N;三种淀粉包裹的肉在弹性上无显著差异($P>0.05$),马铃薯淀粉处理组 0.68 mm,红薯淀粉处理组 0.80 mm,绿豆淀粉处理组 0.75 mm;红薯淀粉处理组的肉咀嚼度最小为 953.87 mJ,与马铃薯淀粉处理组和绿豆淀粉处理组的咀嚼度相差显著($P<0.05$)。综合数据来看,红薯淀粉处理组肉硬度和咀嚼度最小,弹性适中,肉的嫩度最好,这一结果与图 3 的结果相同。

2.6 不同淀粉对低脂羊肉酥肉感官评价的影响

感官评价主要利用人的味觉与感受测定对食物的接受性^[12]。所有挂浆淀粉制作的低脂羊肉酥肉所得的感官分数如图 5 所示,在三种淀粉制作的低脂羊肉酥肉中,马铃薯淀粉处理组的总体可接受度最低,为 17.27 分,而红薯淀粉制作的羊肉酥肉总体可接受度最高,为 18.44 分。马铃薯淀粉处理组的色泽、组织状态、气味评分显著低于其他处理组($P<0.05$),结合前面的测定结果表明马铃薯淀粉挂浆的低脂羊肉酥肉颜色较深,肉质偏硬,香气不足;绿豆淀粉处理组的色泽评分显著低于其他处理组($P<0.05$),可见绿豆淀粉挂浆的低脂羊肉酥肉色泽等品质较其他处理组差,所以评分较低;综合感官评价分析结果表明,添加了红薯淀粉的低脂羊肉酥肉色泽更加金黄

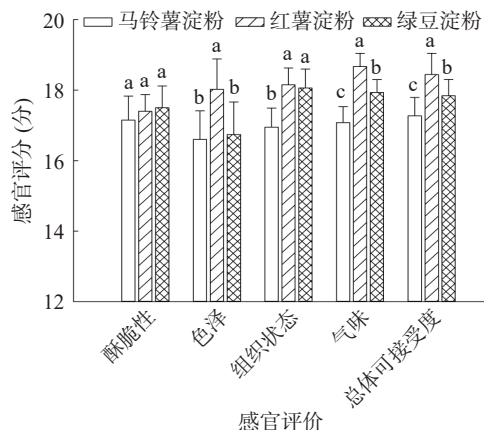


图 5 不同挂浆淀粉对低脂羊肉酥肉感官评价的影响

Fig.5 Effect of different starches on sensory evaluation of low-fat lamb pastry

鲜亮,个体外形饱满,总体可接受性高,这可能是因为红薯淀粉受热后膨胀度高,在高温下形成保护膜,避免了水分流失^[25],是涂裹低脂羊肉酥肉最优选择。

3 结论

三种不同来源淀粉、不同直链淀粉含量淀粉对低脂羊肉酥肉在挂浆率、出品率、色度、水分活度、脂肪含量、质构特性和感官品质的影响结果得出,红薯淀粉处理组的酥肉品质较好,其颜色金黄,出品率较高,可达145.29%,脂肪含量显著低于其他处理组,外壳和肉中的脂肪含量分别为18.09%和3.78%,肉的硬度和咀嚼度也显著低于其他处理组,分别为2143.53 N和953.87 mJ。研究结果表明红薯淀粉是开发低脂羊肉酥肉最佳的挂浆淀粉。另外,本研究还发现直链淀粉含量与产品的吸油量并不呈正相关,红薯淀粉中直链淀粉介于马铃薯淀粉与绿豆淀粉之间,其具有较好的品质和较低的吸油量。如何在不改变品质的前提下降低油炸食品中的含油量近年来已成为油炸食品研究的热点问题。但有关淀粉的精细结构与油炸食品品质间是否具有某种相关关系等方面的研究开展的较少,因此仍需进一步探究淀粉对油炸食品品质的影响机制,以期能为低油脂食品的开发提供科学依据。

参考文献

- [1] 郑智丹.小酥肉方便菜肴的加工与保藏研究[D].郑州:河南农业大学,2017. [ZHENG Z D. Study on the processing and preservation of convenient dish fried pork strips[D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University, 2017.]
- [2] 吴立根,屈凌波,王岸娜.亲水胶体对藜麦全谷物裹粉油炸小酥肉含水率的影响[J].中国食品添加剂,2022,33(8):100-108. [WU L G, QU L B, WANG A N. Study on the effect of hydrophilic colloid on the water preservation rate of fried small crispy pork meat wrapped in quinoa whole grain flour powder[J]. China Food Additives, 2022, 33(8): 100-108.]
- [3] ÁLVAREZ C, KOOLMAN L, WHELAN M, et al. Effect of pre-slaughter practises and early post-mortem interventions on sheep meat tenderness and its impact on microbial status[J]. *Foods*, 2022, 11(2): 181.
- [4] 王静,刘远晓,温纪平.淀粉基油炸制品吸油率调控方法的研究进展[J].食品科学,2023,44(11):252-259. [WANG J, LIU Y X, WEN J P. Research progress on the regulation method of oil absorption rate of starch-based fried products[J]. Food Science, 2023, 44(11): 252-259.]
- [5] 计红芳,张令文,王方,等.糊的组成成分对挂糊油炸肉制品品质影响的研究进展[J].食品工业科技,2017,38(4):384-389. [JI H F, ZHANG L W, WANG F, et al. Research progress of effects of batter composition on edible quality of deep-fat-fried battered meat product[J]. Science and Technology of Food Industry, 2017, 38(4): 384-389.]
- [6] ZHANG X, ZHANG M, ADHIKARI B. Recent developments in frying technologies applied to fresh foods[J]. Trends in Food Science & Technology, 2020, 98: 68-81.
- [7] LIBERTY, TIZHE J, DEGHANNYA, et al. Effective strategies for reduction of oil content in deep-fat fried foods: A review[J]. Trends in Food Science & Technology, 2019, 92: 172-183.
- [8] 张宇,陆宁,蒲顺昌.不同类型淀粉对油炸挂糊猪肉品质的影响[J].安徽农业大学学报,2022,49(4):675-680. [ZHANG Y, LU N, PU S C. Effects of different starches on the quality of deep-fried battered pork slices[J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2022, 49(4): 675-680.]
- [9] 张令文,计红芳,杨铭铎,等.糊的组成成分对挂糊油炸猪肉片外壳食用品质的影响[J].食品工业科技,2015,36(17):87-89. [ZHANG L W, JI H F, YANG M Z, et al. Effect of batter composition on edible quality of crusts from deep-fat-fried battered pork slices[J]. Science and Technology of Food Industry, 2015, 36(17): 87-89.]
- [10] SHIH F, DAIGLE K. Oil uptake properties of fried batters from rice flour[J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 1999, 47(4): 1611-1615.
- [11] 刘雅宁,张莹,袁波,等.不同淀粉浆配方对小酥肉产品的影响研究[J].肉类工业,2021(8):42-47. [LIU Y N, ZHANG Y, YUAN B, et al. Study on the effect of different formula of starch paste on small crisp meat products[J]. Meat Industry, 2021(8): 42-47.]
- [12] 陈胜姝.调理猪肉片上浆工艺机理及保鲜研究[D].扬州:扬州大学,2020. [CHEN S S. Study on the technology mechanism and fresh keeping of pork slices[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2020.]
- [13] 程冰,张乐乐,安艳霞,等.马铃薯抗性淀粉结构特征及体外消化特性的研究[J].食品安全质量检测学报,2021,12(17):6975-6981. [CHENG B, ZHANG L L, AN Y X, et al. Researched on structural characteristics and *in vitro* digestibility of potato resistant starch[J]. Journal of Food Safety and Quality, 2021, 12(17): 6975-6981.]
- [14] LEE J S, LEE E, HAN J. Enhancement of the water-resistance properties of an edible film prepared from mung bean starch via the incorporation of sunflower seed oil[J]. *Scientific Reports*, 2020, 10(1): 1-15.
- [15] TANG H T, TANG H B, LI Y P. Synthesis, optimization, characterization and property of oxidized hydroxypropyl mung bean starch[J]. Journal of Food Processing and Preservation, 2017, 41(1): 1-10.
- [16] 龙锦鹏,刘金星,罗丹,等.不同淀粉对传统小酥肉品质的影响[J].食品与发酵科技,2019,55(6):30-34. [LONG J P, LIU J X, LUO D, et al. Effect of different starches on the quality of traditional small crisp meat[J]. Food and Fermentation Sciences & Technology, 2019, 55(6): 30-34.]
- [17] 王雪.牛羊肉菜肴类方便食品的开发及品质控制[D].哈尔滨:东北农业大学,2015. [WANG X. The development and quality control of beef and mutton cooking dishes of convenience food[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2015.]
- [18] 王文雅.L-抗坏血酸改善受压猪肉色泽有效性研究及相关机制分析[D].合肥:合肥工业大学,2020. [WANG W Y. Study on the effectiveness and its related mechanism of improving the color of pressurized pork using ascorbic acid[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2020.]
- [19] BERTRAM H C, ANNETTE S, KATJA R, et al. Physical changes of significance for early post mortem water distribution in porcine M. longissimus[J]. *Meat Science*, 2004, 66(4): 915-924.
- [20] 高琦,李加恒,韩昊廷,等.基于灰色关联分析法研究不同干燥方式对茼蒿脆片的影响[J].食品科学,2019,40(5):95-101. [GAO Q, LI J H, HAN H T, et al. Effects of different drying methods on turnip chips as evaluated based on grey relational analysis[J]. Food Science, 2019, 40(5): 95-101.]

- [21] SILVA-FÁBIO A P, FERREIRA-VALQUIRIA C S, MADRUGA-MARTA S, et al. Effect of the cooking method (grilling, roasting, frying and sous-vide) on the oxidation of thiols, tryptophan, alkaline amino acids and protein cross-linking in jerky chicken[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2016, 53(8): 3137–3146.
- [22] 马莹, 杨菊梅, 王松磊, 等. 基于 LF-NMR 及成像技术分析牛肉贮藏水分含量变化[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(2): 278–284. [MA Y, YANG J M, WANG S L, et al. Analysis of water content in beef storage by LF-NMR and imaging technique[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(2): 278–284.]
- [23] 杨子江, 赵娅英, 王桂瑛, 等. 云南 5 种火腿水分分布与质构特性研究[J]. *食品安全质量检测学报*, 2022, 13(10): 3134–3140. [YANG Z J, ZHAO Y Y, WANG G Y, et al. Study on moisture distribution and texture characteristics of 5 kinds of hams in Yunnan[J]. *Journal of Food Safety & Quality*, 2022, 13(10): 3134–3140.]
- [24] 杨玉玲, 关二旗, 李萌萌, 等. 不同和面方式对面团流变特性及面条品质的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2019, 40(5): 18–24, 52. [YANG Y L, GUAN E Q, LI M M, et al. Effects of different blending methods on dough rheological properties and noodle quality[J]. *Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition)*, 2019, 40(5): 18–24, 52.]
- [25] 杨雪欣, 陈可靖. 降低挂糊油炸制品含油量的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2021, 42(22): 376–382. [YANG X X, CHEN K J. Research progress of reducing oil content of fried products after being coated with batter[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2021, 42(22): 376–382.]
- [26] MOHAMED S, HAMID N A, HAMID M A. Food components affecting the oil absorption and crispness of fried batter[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1998, 78(1): 39–45.
- [27] 曾超, 刘艺琳, 肖媚方, 等. RS3 型抗性淀粉的研究进展[J]. *食品工业科技*, 2020, 41(7): 338–344. [ZENG C, LIU Y L, XIAO M F, et al. Research progress of resistant starch type 3[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2020, 41(7): 338–344.]
- [28] 齐金峰, 贾俊强, 王俊, 等. 煎炸食物吸油机理探讨[J]. *中国油脂*, 2018, 43(10): 32–35. [QI J F, JIA J Q, WANG J, et al. Mechanism of oil uptake in fried foods[J]. *China Oils and Fats*, 2018, 43(10): 32–35.]
- [29] 丁阳月, 郑环宇, 张林, 等. 改性大豆分离蛋白对微波复热鸡米花品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2018, 39(3): 230–233, 242. [DING Y Y, ZHENG H Y, ZHANG L, et al. Effects of modified soybean protein isolate on quality of microwave-reheat popcorn chicken[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2018, 39(3): 230–233, 242.]
- [30] 张欢, 董福家, 陈倩, 等. 面糊组分对预油炸微波复热鸡米花品质及水分分布特性的影响[J]. *食品科学*, 2018, 39(6): 57–62. [ZHANG H, DONG F J, CHEN Q, et al. Influence of different batter ingredients on the quality characteristics and water distribution of pre-fried microwave reheated popcorn chicken[J]. *Food Science*, 2018, 39(6): 57–62.]