# 苹果渣结合预乳化稻米油对低脂猪肉丸品质的影响

王正荣[1,2,3]，阮夏青[2]，马文涛[2]，康壮丽[2]，朱明明[2]，赵圣明[2]，马汉军[2]
（1.河北工程大学生命科学与食品工程学院，河北 邯郸　056021；
2.河南科技学院食品学院，河南 新乡　453003；3.国家猪肉加工技术研发专业中心，河南 新乡　453003）

**摘　要：**为开发低脂肉制品，利用苹果渣结合预乳化稻米油部分替代猪背膘，研究其对低脂猪肉丸持水力和持油能力、色泽、质构、粗脂肪、流变特性以及感官评价的影响。结果表明：苹果渣结合预乳化稻米油部分替代猪背膘能提高低脂肉丸的硬度和咀嚼性，且可有效地降低其粗脂肪含量。随着苹果渣添加量的增加，低脂肉丸持水力、持油能力和黄度值呈增加的趋势。流变学特性分析结果表明：随着苹果渣添加量的增加其储能模量逐步增加，但是苹果渣添加量为3%时，其红度值和感官评分有降低的趋势，当苹果渣添加量为2%时，其感官评分（74.02±1.04）与对照组（75.92±0.85）最为接近，且差异不显著（$P$＞0.05）。因此结合经济因素，综合考虑，添加2%的苹果渣结合预乳化稻米油部分替代猪背膘的猪肉丸效果最佳。

**关键词：**苹果渣；预乳化；低脂；猪肉丸；流变

## Effect of Apple Pomace Combined with Pre-emulsified Rice Oil on the Quality of Low-Fat Pork Meatballs

WANG Zhengrong[1,2,3], RUAN Xiaqing[2], MA Wentao[2], KANG Zhuangli[2], ZHU Mingming[2], ZHAO Shengming[2], MA Hanjun[2]
(1. College of Life Sciences and Food Engineering, Hebei University of Engineering, Handan　056021, China;
2. School of Food Science and Technology, Henan Institute of Science and Technology, Xinxiang　453003, China;
3. National Pork Processing Technology Research and Development Professional Center, Xinxiang　453003, China)

**Abstract:** In order to develop low-fat meat products, the effect of partially replacing pork back fat with apple pomace combined with pre-emulsified sesame oil on the water holding/oil binding capacity, color, texture profile analysis (TPA), fat content, dynamic rheology, and sensory properties of pork meatballs was examined. The results showed that partial replacement of pork back fat with apple pomace combined with pre-emulsified sesame oil increased the hardness and chewiness, and reduced the crude fat content of meatballs. An ascending trend in the water holding/oil binding capacity and yellowness ($b^*$ value) was observed with increasing level of apple pomace. The rheological analysis demonstrated that the storage modulus $G'$ progressively increased with increasing level of apple pomace. However, both $a^*$ value and sensory evaluation score increased firstly and then decreased with increasing level of apple pomace up to 3%. The sensory score of the sample with 2% apple pomace was closest to the control meatballs, 74.02 ± 1.04 versus 75.92 ± 0.85, without any significant difference between them ($P$ > 0.05). From an economic perspective, 2% apple pomace combined with pre-emulsified sesame oil was determine to be optimum for partially replacing pork back fat in meatballs.

**Keywords:** apple pomace; pre-emulsified oil; low-fat; meatballs; dynamic rheology
DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181130-353
中图分类号：TS251.1　　文献标志码：A　　文章编号：1002-6630（2020）12-0054-06
引文格式：
王正荣, 阮夏青, 马文涛, 等. 苹果渣结合预乳化稻米油对低脂猪肉丸品质的影响[J]. 食品科学, 2020, 41(12): 54-59. DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181130-353.　http://www.spkx.net.cn

收稿日期：2018-11-30
基金项目：河南省重大科技专项（161100110600）；河南科技学院大学生“百农英才”创新专项（BNYC2016-2-04）；河南省高等学校重点科研项目（18A550007）；河南省科技厅科技攻关项目（182102110091）

第一作者简介：王正荣（1978—）（ORCID: 0000-0002-2451-6840），女，副教授，博士，主要从事农产品加工与贮藏研究。E-mail: wazhro@qq.com

WANG Zhengrong, RUAN Xiaqing, MA Wentao, et al. Effect of apple pomace combined with pre-emulsified rice oil on the quality of low-fat pork meatballs[J]. Food Science, 2020, 41(12): 54-59. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-20181130-353. http://www.spkx.net.cn

猪肉丸是一种具有悠久历史的传统手工肉制品，以其味道鲜美和食用方便等特点深受广大消费者的喜爱，但是传统的肉丸按照肥瘦比3∶7制成，因此含有大量的饱和脂肪酸，长期食用易造成肥胖、高血压、心血管疾病以及冠心病等，损害人体健康[1]。如减少脂肪用量将造成肉制品口感和风味的降低，因此寻求脂肪的部分替代品，为低脂肉制品带来更好的口感和相似的组织结构是目前肉制品生产和加工所面临的要求。

目前已有研究发现利用乳化的植物油如芝麻油，棕榈油部分代替猪背膘能有效稳定肉制品的乳化系统，改善脂肪酸组成，并降低脂肪和胆固醇含量[2-3]，稻米油是一种理想的猪背膘替代品，被誉为“营养保健油”，其脂肪酸组成符合国际卫生组织认定的黄金比例（油酸-亚油酸1∶1）。其脂肪伴随物含量丰富，包括VE、谷维素、植物甾醇、生育酚和角鲨烯等，具有良好的生理功能和较高的生物安全性[4]。

苹果渣是苹果汁生产过程中的副产物，年产量约为$3.0\times10^6$～$4.2\times10^6$ t。苹果渣作为废弃物不仅对环境造成污染，同时也造成大量经济损失。研究表明苹果渣富含膳食纤维、多酚、氨基酸、矿物质等多种生物活性成分[5]，具有抗氧化、抗癌、保护心血管、降低胆固醇、降低能量和促进结肠癌细胞凋亡等功效[6-8]。目前苹果渣主要用于生产果胶、膳食纤维、柠檬酸以及作为动物饲料等方面[9]，Rather等[10]报道在羊肉制品塔巴肉丸（goshtaba）中加入苹果渣后能够有效改善肉制品的弹性。Lantto等[11]发现谷氨酰胺转移酶、酪氨酸酶与苹果渣复合添加到猪肉中能增强其凝胶特性。虽然苹果渣作为废弃物受到越来越多科研工作者的重视，被逐渐开发利用，但目前对苹果渣在肉制品中的研究依然缺乏系统理论的分析，而且作为动物脂肪替代物用于乳化猪肉丸中的研究极少。因此，本实验研究不同添加量的苹果渣结合预乳化稻米油部分替代猪背膘对低脂肉丸品质的影响，以期为低脂肉制品的开发以及苹果渣的再利用提供科学的参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

冷鲜猪通脊、猪背膘、苹果、各种调味品　河南新乡世纪华联超市；其他试剂均为分析纯　国药集团化学试剂有限公司。

### 1.2 仪器与设备

AUYl20电子天平　日本岛津公司；YXQ-LS-50S全自动立式压力蒸汽灭菌锅　上海博讯医疗设备有限公司医疗设备厂；微量移液器　赛多利斯科学仪器有限公司；T25高速匀浆器　德国IKA公司；pH计　上海精密科学仪器有限公司；CR-400色差计　日本美能达公司；HH-42水浴锅　常州国华电器有限公司；TA.XT2I物性测试仪　英国Stable Micro System公司；MCR301流变仪　奥地利Anton Paar公司；UMC-5C斩拌机　德国Stephan机械公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 苹果渣的制备

挑选新鲜苹果榨汁后，过滤，取果渣，将果渣置于烘箱中，60 ℃烘干，将烘干后的苹果渣用粉碎机进行研磨粉碎，过筛后备用。

#### 1.3.2 猪肉丸的制备

乳化稻米油的制备参考Zhuang Xinbo等[2]的方法。将酪蛋白酸钠-水1∶8于4 ℃混合，制成悬浮液，然后加入10 倍体积的稻米油2 500×$g$均质3 min，将制备好的乳化稻米油置于4 ℃备用。

将猪肉剔除掉多余的结缔组织和脂肪，置于4 ℃备用，猪肉丸配方如表1所示。参考康壮丽等[3]的加工工艺略加改动，操作流程如下：瘦肉低速斩拌30 s，添加食盐、三聚磷酸钠、胡椒、糖，高速斩拌1 min，暂停1.5 min，加入脂肪、乳化稻米油、苹果渣、三聚磷酸钠和1/3的冰水，高速斩拌1 min，加入剩余的冰水高速斩拌3 min，整个操作过程肉糜的温度不超过12 ℃，将肉糜4 ℃、1 000×$g$离心10 min，去除残留的空气，用手搓成质量约10 g的丸子，于80 ℃水中预煮2 min，然后100 ℃煮3 min，至样品中心温度约80 ℃后捞出，吸去样品表面水分，放入0～4 ℃进行冷藏。进行各指标的测定，其中流变学测定样品为生肉糜；质构、色差测定样品为煮制后猪肉丸。

**表1　苹果渣猪肉丸的配方**

**Table 1　Formulation of pork meatballs with apple pomace**

| 处理 | CK | PH | PL | PL+1 | PL+2 | PL+3 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 猪瘦肉/g | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 |
| 猪背膘/g | 30 | 20 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 冰水/g | 20 | 20 | 30 | 29 | 28 | 27 |
| 乳化稻米油/g | 0 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 |
| 苹果渣/g | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 3 |
| 盐/g | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 | 1.5 |
| 辣椒粉/g | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 |
| 糖/g | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.4 | 0.3 |

1.3.3 苹果渣保水性和保油性的测定

参考朱秀清等[12]的方法。

保水性的测定：称苹果渣5.0 g（$M_1$），置于离心管（$M_2$）中，加入蒸馏水，加水的过程中用玻璃棒将样品搅匀，直至样品呈浆状，有水析出为止，867×$g$离心10 min，弃上清液，若无上清液，再加水搅匀后离心，直至离心后有上清液析出为止，弃上清液后称质量（$M_3$）。按式（1）计算苹果渣的保水性：

$$保水性/（g/g）=\frac{M_3-M_2-M_1}{M_1} \quad （1）$$

保油性的测定：称取苹果渣10 g左右（$M_1$），加入50 mL精制大豆油，搅拌均匀，静置30 min后，500×$g$离心10 min，并记录游离油体积（$V_1$），按式（2）计算苹果渣的保油性：

$$保油性/（mL/g）=\frac{50-V_1}{M_1} \quad （2）$$

1.3.4 猪肉丸持水力和持油能力的测定

参考Cofrades等[13]的方法，略加改动。取制备好的生肉糜20 g（$W_1$）置于离心管中，80 ℃水浴加热20 min，将离心管取出，倒立静置1 h，将分离出的水和油（$W_2$）置于称量瓶中，将放有油和水的称量瓶，放于干燥箱中，105 ℃干燥16 h后称质量，并计算水的损失量（$W_3$）。其总汁液损失率（TR）、水分损失率（WR）和油分损失率（FR）按照式（3）～（5）计算：

$$TR/\%=\frac{W_2}{W_1}\times100 \quad （3）$$

$$WR/\%=\frac{W_3}{W_1}\times100 \quad （4）$$

$$FR/\%=\frac{W_2-W_3}{W_1}\times100 \quad （5）$$

1.3.5 猪肉丸质构的测定

参考李德海等[14]的方法，稍加改动。将猪肉丸制成20 mm×20 mm×10 mm的长方体，质构测定参数为P/50探头，测试前速率2.0 mm/s，测试速率2.0 mm/s，测试后速率5.0 mm/s，压缩比50%，测定间隔时间5 s，触发力5 g，触发类型为自动，主要测定指标为硬度、弹性、凝聚性和咀嚼性。

1.3.6 猪肉丸色差的测定

使用色差计对样品中心部位进行测定，标准白色比色板为$L^*$=96.86，$a^*$=－0.15，$b^*$=1.87，每个样品取5 个部位测定。

1.3.7 猪肉丸粗脂肪含量

参考GB 5009.6—2016《食品中脂肪的测定》[15]，利用索氏抽提法测定样品中脂肪含量。

1.3.8 猪肉丸流变学特性

参考Yasin等[16]的方法，略作修改。将不同处理的样品肉糜均匀涂抹于两个50 mm圆形平板探头之间，间隙为0.5 mm，为防止水分蒸发，外周涂一层薄硅油。参数设置：起始温度20 ℃，保持10 min，后以2 ℃/min的升温速率上升至80 ℃，同时，在频率固定为0.1 Hz条件下对样品进行连续剪切，测定储能模量（$G'$）随温度的变化情况。

1.3.9 猪肉丸的感官评价

参照汪倩等[1]方法，稍加修改，评分标准见表2。选取不吸烟、嗅觉、味觉敏感的食品专业人士12 人（男6 名，女6 名）作为评价员，采用盲样评定法对煮制后的猪肉丸的口感、风味、色泽、组织进行评分。

**表2 苹果渣猪肉丸感官评定标准（$n$=12）**

**Table 2 Criteria for sensory evaluation of pork meatballs with apple pomace ($n$ = 12)**

| 项目 | 评定细则 | 评分 |
|---|---|---|
| 口感（30 分） | 滑嫩，爽口，液汁感强，细腻，酥脆，软硬适中 | 21～30 |
| | 比较软或不易嚼碎，比较细腻、爽脆 | 11～20 |
| | 过软或过硬，没有脆感、韧度，有渣 | 1～10 |
| 风味（20 分） | 有肉固有滋味的香味，清香柔和，咸淡适中 | 15～20 |
| | 过多的苹果渣味，香气一般，无异味 | 10～15 |
| | 苹果渣味浓郁，或有异味 | 5～10 |
| 色泽（20 分） | 色泽均匀，呈微黄色 | 15～20 |
| | 色泽均匀但色泽太深 | 10～15 |
| | 其他杂色，色泽不均 | 5～10 |
| 组织（30 分） | 切面致密光滑均一，布满均匀细小气孔 | 21～30 |
| | 切面较均一，略有较大气孔 | 11～20 |
| | 切面比较粗糙，大气孔 | 1～10 |

1.4 数据处理

采用Excel进行数据的整理和作图，SPSS 20.0进行方差分析，利用Duncan法进行多重比较，每个处理组重复6 次，数据表示为$\bar{x}\pm s$。

## 2 结果与分析

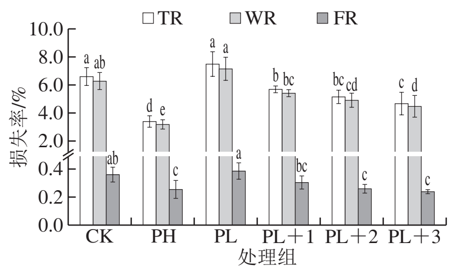
2.1 苹果渣保油保水性分析

苹果渣的保水性为（6.87±0.14）g/g，保油性为（5.24±0.11）mL/g，这与改进后大豆分离蛋白的保水性（5.27 g/g）和改进后豆粉的保油性（4.35 mL/g）结果相似[12,17]，表明苹果渣具有较好的保水性和保油性。

2.2 苹果渣对猪肉丸持水力和持油能力的影响

由图1可以看出，不同处理下的FR显著低于WR（$P$＜0.05），PH处理组的TR和WR显著低于CK组（$P$＜0.05），此结果与Zhuang Xinbo等[2]的研究相似，植物油经乳化后能有效改善油脂的稳定性，降低油脂颗粒的大小和分布，使得肉糜在加热过程中具有更好的持

水力和持油能力[18]。PL处理组的TR、WR和FR均为最大值（7.42%、7.04%、0.38%），但是随着苹果渣添加量的增加，3 种损失率均呈不同程度下降趋势。PL＋2和PL＋3处理组的TR和WR均显著低于PL组（$P$＜0.05）。苹果渣中含有丰富的膳食纤维，具有很好的吸附水分和油脂的作用[5]，Kim等[19]报道将厚岸草（含58.5%的膳食纤维）添加到法兰克福香肠能有效降低TR和WR，本研究表明添加苹果渣能有效增强猪肉丸的持水力和持油能力。




不同字母表示不同处理组之间差异显著（$P$＜0.05）。下同。

**图 1　苹果渣对猪肉丸持水力和持油能力的影响**

**Fig. 1　Effect of apple pomace on water-holding and fat-binding capacity of meatballs**

2.3　苹果渣对猪肉丸质构的影响

**表 3　苹果渣对猪肉丸质构的影响**

**Table 3　Effect of apple pomace on TPA parameters of meatballs**

| 处理 | 硬度/g | 弹性 | 凝聚性 | 咀嚼性 |
|---|---|---|---|---|
| CK | 685.26±11.15$^{cd}$ | 0.90±0.02$^{ab}$ | 0.77±0.02$^{a}$ | 2.61±0.07$^{b}$ |
| PH | 785.76±23.11$^{ab}$ | 0.95±0.06$^{ab}$ | 0.76±0.01$^{a}$ | 3.43±0.26$^{a}$ |
| PL | 622.87±56.95$^{d}$ | 0.96±0.01$^{a}$ | 0.76±0.01$^{a}$ | 2.06±0.02$^{c}$ |
| PH＋1 | 661.37±44.28$^{d}$ | 0.96±0.07$^{a}$ | 0.71±0.01$^{bc}$ | 2.24±0.23$^{c}$ |
| PH＋2 | 753.33±30.01$^{bc}$ | 0.91±0.01$^{ab}$ | 0.71±0.01$^{b}$ | 2.28±0.08$^{c}$ |
| PH＋3 | 856.84±76.51$^{a}$ | 0.87±0.04$^{b}$ | 0.69±0.01$^{c}$ | 2.56±0.05$^{b}$ |

注：不同字母表示不同处理组之间差异显著（$P$＜0.05）。下同。

从表3可以看出，乳化稻米油代替猪背膘（PH）能显著增加猪肉丸的硬度和咀嚼性（$P$＜0.05）。猪肉丸中脂质含量减少（PL）后使得猪肉丸的硬度降低、弹性略增加、咀嚼性降低。加入苹果渣后，相对于PL组，硬度和咀嚼性增加，弹性和凝聚性降低，这一结果与Zhuang Xinbo等[2]的研究相似。Younis等[20]研究发现苹果渣在肉糜蒸煮过程中形成凝胶结构，从而增加牛肉香肠的硬度，另外苹果渣具有较高的持水力和膨压，这也是造成硬度增加的原因。但也有报道指出加入米糠纤维后导致肉糜硬度降低[21]，这有可能是由于不同纤维造成的，具体原因有待进一步深入研究。

2.4　苹果渣对猪肉丸色泽的影响

如表4所示，添加乳化稻米油（PH）能显著增加猪肉丸的亮度（$L$*）和黄度值（$b$*）（$P$＜0.05），降低了红度值（$a$*），这一结果与朱东阳等[22]的研究结果相似，主要原因是由于植物油在乳化过程中形成了细小的油滴被均匀的分布到猪肉糜中，其颗粒远小于脂肪颗粒，从而使其亮度增加[23]，Jiménez-Colmenero等[24]报道利用乳化后的橄榄油代替猪背膘，增加了法兰克福香肠的$L$*值和$b$*值，降低$a$*值。与不添加苹果渣（PL）的处理相比，在猪肉丸中添加苹果渣后能显著增加猪肉丸的$b$*值和$a$*值，显著降低了$L$*值（$P$＜0.05），但是对$L$*和$a$*值的影响没有明显的规律性，Verma等[25]研究发现加入苹果浆能增加低脂鸡肉块的$L$*、$a$*和$b$*值。在猪肉丸中加入燕麦麸能显著增加其$a$*和$b$*值，但是降低了$L$*值[1]。不同添加物对色泽有不同的影响，究其原因是由不同膳食纤维含有不同色素所造成的[21,26]。而本实验色泽的变化可能受苹果渣本身色泽的影响（$L$*值70.52、$a$*值5.83、$b$*值23.03）。

**表 4　苹果渣对猪肉丸色泽的影响**

**Table 4　Effect of apple pomace on color of meatballs**

| 处理 | $L$* | $a$* | $b$* |
|---|---|---|---|
| CK | 69.15±0.38$^{b}$ | 3.84±0.06$^{b}$ | 13.91±0.25$^{e}$ |
| PH | 72.73±0.59$^{a}$ | 3.41±0.07$^{c}$ | 15.29±0.38$^{d}$ |
| PL | 74.99±1.71$^{a}$ | 3.05±0.16$^{d}$ | 15.83±0.44$^{c}$ |
| PH＋1 | 69.72±1.15$^{b}$ | 3.72±0.16$^{b}$ | 15.93±0.46$^{bc}$ |
| PH＋2 | 67.33±1.20$^{b}$ | 4.08±0.15$^{a}$ | 16.48±0.46$^{b}$ |
| PH＋3 | 69.55±1.93$^{b}$ | 3.79±0.08$^{b}$ | 17.31±0.11$^{a}$ |

2.5　苹果渣对猪肉丸粗脂肪含量的影响

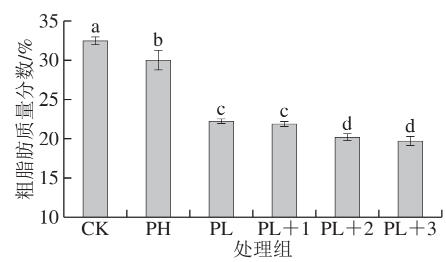



**图 2　苹果渣对猪肉丸粗脂肪含量的影响**

**Fig. 2　Effect of apple pomace on crude fat content of meatballs**

乳化稻米油（PH）代替猪背膘（CK）能显著降低粗脂肪含量（$P$＜0.05），质量分数由32.50%降低到30.01%（图2），Gao Leng等[27]报道应用乳化葵花籽油替代猪背膘，发现随着乳化葵花籽油添加量的增加，法兰克福香肠的脂肪含量降低，如图2所示，与不加入苹果渣（PL）的猪肉丸相比，加入苹果渣后能显著降低粗脂肪含量（$P$＜0.05），其中PL＋2与PL＋3处理组粗脂肪质量分数分别为20.18%和19.73%，比PL组（22.24%）分别降低了9.23%和11.44%。这一结果与Hu Guohua等[28]的结果相似，研究报道降低膳食中脂肪含量能有效降低心血管疾病的发病率[29]，苹果渣中富含苹果果胶、不可溶性膳食纤维、苹果蜡等物质含量非常丰富，具有降低胆固醇、降低能量的功效[5]。

### 2.6 苹果渣对猪肉丸动态流变学特性的影响

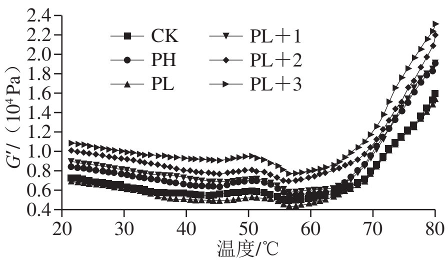



**图3 苹果渣对猪肉丸*G*′的影响**

**Fig. 3 Effect of apple pomace on *G*′ of meatballs**

*G*′的变化反映了肌原纤维蛋白和肌球蛋白所形成的网络凝胶结构的弹性形变特征。由图3可以看出，不同处理的猪肉糜其*G*′有相似的变化趋势，大体呈现3 个阶段：20～44 ℃，*G*′缓慢下降；随着温度的上升（45～51 ℃），进入第2阶段，由于肌球蛋白头部聚合使蛋白质之间发生互作反应，*G*′出现上升趋势；温度继续上升（52～56 ℃），猪肉糜中的肌球蛋白尾部变性，导致形成的蛋白质凝胶结构破坏，此时的*G*′出现一个轻微下降的趋势，温度继续上升，进入第3阶段（57～80 ℃），在此阶段，蛋白质聚集，形成凝胶，半溶胶受热后形成弹性凝胶，此时的肉糜从具有黏弹性的溶胶状态转变为具有弹性的凝胶网络结构[30]。在*G*′值变化的第2阶段，*G*′值逐渐增加，达到该阶段的最大值，所有处理组PL的*G*′最低（5 261.42 Pa），加入苹果渣后，*G*′值逐渐升高，其中PL＋3处理组*G*′值最高（9 508.25 Pa）。当*G*′值达到最大值后，开始下降至整个阶段的最低值。同样处理组中PL处理组的*G*′值最低（4 277.82 Pa），加入苹果渣后使*G*′值增加。在*G*′值变化的第3阶段，*G*′值迅速上升至整个变化过程的最高值。其中CK和PL的最高*G*′值最小（分别为15 919.25、15 319.39 Pa），其次为PH和PL＋1组，PL＋3组的最高*G*′最大（23 158.55 Pa）。这一变化过程与朱君[31]和朱东阳[22]等的研究结果相似。*G*′值越高表明凝胶结构越紧密，这与硬度值（表3）的变化有一定的相似性[3]。膳食纤维的添加能够有效改善蛋白质的溶解性，从而增加体系*G*′值，但其*G*′值变化的模式和凝胶变性温度不变[32]。Choi等[21]研究发现猪肉糜中添加玉米纤维对热诱导凝胶有显著影响，同时能够增加总蛋白的溶解性，使得*G*′值增加。

### 2.7 苹果渣对猪肉丸感官评价的影响

如表5所示，PH处理组在口感、风味和综合评分中显著高于CK组（$P$＜0.05），表明对评价者来说利用乳化稻米油代替猪背膘具有更高的接受度。Zhuang Xinbo等[2]研究表明利用乳化后的芝麻油代替猪背膘具有更高的组织特性和风味。PL处理组在组织和综合评分中显著低于CK组（$P$＜0.05），这一结果表明单纯降低脂肪含量可行性较低。加入苹果渣后能显著提高猪肉的组织和综合评分（$P$＜0.05），PL＋2处理组在所有添加苹果渣的处理中综合评分（74.02±1.04）最高，与CK组（75.92±0.85）没有显著差异（$P$＞0.05），Kim等[33]研究发现在低脂肉糜中添加3%贴梗海棠粉末具有更好的风味和组织状态。

**表5 苹果渣对猪肉丸感官评价的影响**

**Table 5 Effect of apple pomace on sensory evaluation of meatballs**

| 处理 | 口感 | 风味 | 色泽 | 组织 | 综合评分 |
|---|---|---|---|---|---|
| CK | 22.17±0.72$^{b}$ | 13.92±0.90$^{c}$ | 15.17±0.72$^{ab}$ | 24.67±1.07$^{a}$ | 75.92±0.85$^{b}$ |
| PH | 23.67±0.63$^{a}$ | 16.00±0.89$^{a}$ | 15.92±1.00$^{a}$ | 25.33±1.54$^{a}$ | 80.92±2.62$^{a}$ |
| PL | 21.33±0.74$^{b}$ | 15.75±0.87$^{a}$ | 14.42±0.79$^{bc}$ | 17.92±1.02$^{d}$ | 69.42±1.12$^{c}$ |
| PL＋1 | 21.75±0.87$^{b}$ | 14.50±0.67$^{b}$ | 14.08±1.16$^{b}$ | 19.75±0.87$^{c}$ | 70.08±0.89$^{c}$ |
| PL＋2 | 22.08±1.31$^{b}$ | 14.92±0.67$^{b}$ | 14.25±1.14$^{b}$ | 22.67±0.88$^{b}$ | 74.02±1.04$^{b}$ |
| PL＋3 | 20.58±0.38$^{c}$ | 14.67±0.98$^{b}$ | 13.17±0.94$^{c}$ | 18.25±0.87$^{d}$ | 66.67±1.43$^{d}$ |

## 3 结 论

利用乳化稻米油（10%）部分代替猪背膘（PH）能有效改善猪肉丸的品质和流变特性，但是其脂肪含量依然较高（30.01%）。为进一步降低脂肪含量，将猪背膘用量降低到10%，加入10%的乳化稻米油，并在配方中加入不同量（1%～3%）的苹果渣。研究结果表明，加入苹果渣后能有效改善低脂肉丸的品质特性。相对PL组，PL＋2和PL＋3组显著改善了猪肉丸的持水力和持油能力、增加其硬度和咀嚼性、提高了$a$*和$b$*值。通过流变特性分析，PL＋2和PL＋3组具有更高的*G*′值，同时可以显著降低粗脂肪含量。但是感官评分结果表明PL＋3组总分最低（66.67±1.43），而PL＋2组与传统配方（CK）无显著差异（分别为74.02±1.04、75.92±0.85）。因此综合考虑，添加2%的苹果渣（PL＋2组）具有最好的效果。本研究为低脂肉制品的进一步开发提供了理论依据，并提高废弃物苹果渣的利用价值。

## 参考文献：

[1] 汪倩, 姜万舟, 任思婕, 等. 燕麦麸添加量对燕麦麸猪肉丸品质的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(23): 70-77. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201623012.

[2] ZHUANG X B, HAN M Y, KANG Z L, et al. Effects of the sugarcane dietary fiber and pre-emulsified sesame oil on low-fat meat batter physicochemical property, texture, and microstructure[J]. Meat Science, 2016, 113: 107-115. DOI:10.1016/j.meatsci.2015.11.007.

[3] 康壮丽, 朱东阳, 胡明明, 等. 乳化棕榈油对猪肉贡丸品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2016, 42(10): 112-116. DOI:10.13995/j.cnki.11-1802/ts.201610019.

[4] 徐冉, 薛雅琳, 金青哲, 等. 9 种商品稻米油营养成分测定[J]. 中国油脂, 2016, 41(1): 92-94. 10.3969/j.issn.1003-7969.2016.01.021.

[5] REIS S F, RAI D K, ABU-GHANNAM N. Apple pomace as a potential ingredient for the development of new functional foods[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2014, 49(7): 1743-1750. DOI:10.1111/ijfs.12477.

[6] OREOPOULOU V, TZIA C. Utilization of plant by-products for the recovery of proteins, dietary fibers, antioxidants, and colorants[J]. Chemmedchem, 2007, 8(8): 1353-1360. DOI:10.1002/cmdc.201300204.

[7] MIN B. Utilization of pectin-enriched materials from apple pomace as a fat replacer in a model food system[J]. Bioresource Technology, 2010, 101(14): 5414-5418. DOI:10.1016/j.biortech.2010.02.022.

[8] CAIXI L, LE L, LE C, et al. A mix of apple pomace polysaccharide improves mitochondrial function and reduces oxidative stress in the liver of high-fat diet-induced obese mice[J]. Molecular Nutrition and Food Research, 2016, 61(3): 433-444. DOI:10.1002/mnfr.201600433.

[9] 许兴才. 浅谈苹果渣的综合利用[J]. 现代食品科技, 1992(1): 46-47.

[10] RATHER S A, AKHTER R, MASOODI F A, et al. Utilization of apple pomace powder as a fat replacer in goshtaba: a traditional meat product of Jammu and Kashmir, India[J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2015, 9(3): 389-399. DOI:10.1007/s11694-015-9247-2.

[11] LANTTO R, PLATHIN P, NIEMISTÖ M, et al. Effects of transglutaminase, tyrosinase and freeze-dried apple pomace powder on gel forming and structure of pork meat[J]. LWT-Food Science and Technology, 2006, 39(10): 1117-1124. DOI:10.1016/j.lwt.2005.07.008.

[12] 朱秀清, 梁雪华, 李杨, 等. 食品添加剂对低温脱脂豆粉保水保油性的影响[J]. 食品工业科技, 2011, 32(9): 346-350. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2011.09.086.

[13] COFRADES S, SERRANO A, AYO J, et al. Characteristics of meat batters with added native and preheated defatted walnut[J]. Food Chemistry, 2008, 107(4): 1506-1514. DOI:10.1016/j.foodchem.2007.10.006.

[14] 李德海, 徐颖, 顾嘉琳, 等. 黑木耳多糖对猪肉糜质构及氧化特性的影响[J]. 食品科学, 2016, 37(15): 88-93. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201615015.

[15] 卫生部, 国家标准化管理委员会. 食品中脂肪的测定: GB 5009.6—2016[J]. 北京: 中国标准出版社, 2016.

[16] YASIN H, BABJI A S, ISMAIL H. Optimization and rheological properties of chicken ball as affected by *κ*-carrageenan, fish gelatin and chicken meat[J]. LWT-Food Science and Technology, 2016, 66: 79-85. DOI:10.1016/j.lwt.2015.10.020.

[17] 马霞, 关凤霞, 魏述众, 等. 提高国产大豆分离蛋白应用性能的研究[J]. 江苏食品与发酵, 2001(3): 34-35.

[18] YOUSSEF M K, BARBUT S, SMITH A. Effects of pre-emulsifying fat/oil on meat batter stability, texture and microstructure[J]. International Journal of Food Science & Technology, 2011, 46(6): 1216-1224. DOI:10.1111/j.1365-2621.2011.02607.x.

[19] KIM H W, HWANG K E, SONG D H, et al. Effect of glasswort (*Salicomia herbacea* L.) on the texture of frankfurters[J]. Meat Science, 2014, 97(4): 513-517. DOI:10.1016/j.meatsci.2014.03.019.

[20] YOUNIS K, AHMAD S. Waste utilization of apple pomace as a source of functional ingredient in buffalo meat sausage[J]. Cogent Food & Agriculture, 2015, 1(1): 1119397-1119406. DOI:10.1080/23311932.2015.1119397.

[21] CHOI Y S, CHOI J H, HAN D J, et al. Effects of rice bran fiber on heat-induced gel prepared with pork salt-soluble meat proteins in model system[J]. Meat Science, 2011, 88(1): 59-66. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.12.003.

[22] 朱东阳, 康壮丽, 何鸿举, 等. 猪血浆蛋白乳化棕榈油对猪肉糜凝胶特性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(5): 71-75. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201805011.

[23] PANERAS E D, BLOUKAS J G. Vegetable oils replace pork backfat for low-fat frankfurters[J]. Journal of Food Science, 1994, 59(4): 725-728. DOI:10.1111/j.1365-2621.1994.tb08113.x.

[24] JIMÉNEZ-COLMENERO F, HERRERO A, PINTADO T, et al. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters[J]. Food Research International, 2010, 43(8): 2068-2076. DOI:10.1016/j.foodres.2010.06.010.

[25] VERMA A K, SHARMA B D, BANERJEE R. Effect of sodium chloride replacement and apple pulp inclusion on the physico-chemical, textural and sensory properties of low fat chicken nuggets[J]. LWT-Food Science and Technology, 2010, 43(4): 710-719. DOI:10.1016/j.lwt.2009.12.006.

[26] HUANG S C, SHIAU C Y, LIU T E, et al. Effects of rice bran on sensory and physico-chemical properties of emulsified pork meatballs[J]. Meat Science, 2005, 70(4): 613-619. DOI:10.1016/j.meatsci.2005.02.009.

[27] GAO L, HUANG Y P, GAO X C. Influence of pre-emulsified sunflower oil used for pork back-fat replacement in sika deer (*Cervus nippon hortulorum*) frankfurter[J]. Food Science and Technology Research, 2013, 19(5): 773-780.

[28] HU G H, YU W J. Effect of hemicellulose from rice bran on low fat meatballs chemical and functional properties[J]. Food Chemistry, 2015, 186: 239-243. DOI:10.1016/j.foodchem.2014.07.063.

[29] FERREIRA M M C, MORGANO M A, DE QUEIROZ S C D N, et al. Relationships of the minerals and fatty acid contents in processed turkey meat products[J]. Food Chemistry, 2000, 69(3): 259-265. DOI:10.1016/s0308-8146(99)00259-9.

[30] ÁLVAREZ D, XIONG Y L, CASTILLO M, et al. Textural and viscoelastic properties of pork frankfurters containing canola-olive oils, rice bran, and walnut[J]. Meat Science, 2012, 92(1): 8-15. DOI:10.1016/j.meatsci.2012.03.012.

[31] 朱君, 曾茂茂, 何志勇, 等. 膳食纤维对肌纤维蛋白凝胶性能的影响[J]. 食品科学, 2011, 32(17): 55-59.

[32] CHIN K B, GO M Y, XIONG Y L. Konjac flour improved textural and water retention properties of transglutaminase-mediated, heat-induced porcine myofibrillar protein gel: effect of salt level and transglutaminase incubation[J]. Meat Science, 2009, 81(3): 565-572. DOI:10.1016/j.meatsci.2008.10.012.

[33] KIM H Y, CHOI Y S, KIM C J, et al. Effects of *Laminaria japonica* on the physico-chemical and sensory characteristics of reduced-fat pork patties[J]. Meat Science, 2012, 91(1): 1-7. DOI:10.1016/j.meatsci.2011.11.011.