

卫攀杰, 陈洁, 许飞, 等. 保鲜方式对鲜湿米粉品质的影响 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(11): 44-49. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020070357

WEI Panjie, CHEN Jie, XU Fei, et al. Effect of Preservation Methods on the Quality of Instant Fresh Rice Noodles[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(11): 44-49. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020070357

· 研究与探讨 ·

# 保鲜方式对鲜湿米粉品质的影响

卫攀杰<sup>1</sup>, 陈洁<sup>1,\*</sup>, 许飞<sup>1</sup>, 陈玲<sup>2</sup>

(1. 河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450001;

2. 华南理工大学食品科学与工程学院, 广东广州 510640)

**摘要:**通过分析鲜湿米粉的菌落总数、糊化特性、水分含量、色泽、提取液吸光度、质构特性及感官评分的变化, 并观察鲜湿米粉凝胶微观结构, 研究酸浸、水浴及酸浸+水浴处理对鲜湿米粉品质的影响。结果表明, 与空白组相比, 水浴组、酸浸组及酸浸+水浴组鲜湿米粉的淀粉糊黏度、衰减值和回生值显著 ( $P<0.05$ ) 降低。水浴处理使鲜湿米粉的质构特性及感官评分得到提升, 保质期延长。酸浸处理使鲜湿米粉的水分含量、色泽、提取液吸光度及黏性显著 ( $P<0.05$ ) 增大, 咀嚼硬度及弹性显著 ( $P<0.05$ ) 减小, 随着贮藏时间的延长菌落总数增加较慢, 但综合品质劣变迅速, 到后期凝胶结构破坏严重, 感官评分显著 ( $P<0.05$ ) 降低。酸浸+水浴处理使鲜湿米粉的初始品质得到提升, 但弹性略小于水浴处理组, 随着贮藏时间的延长菌落总数增加最慢, 并且能始终保持较好的色泽、质构特性及感官评分。综合鲜湿米粉质构特性及感官评分, 酸浸+水浴组的鲜湿米粉品质最好。

**关键词:** 保鲜方式, 鲜湿米粉, 低温贮藏, 品质, 质构特性

中图分类号: TS201.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2021)11-0044-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020070357

## Effect of Preservation Methods on the Quality of Instant Fresh Rice Noodles

WEI Panjie<sup>1</sup>, CHEN Jie<sup>1,\*</sup>, XU Fei<sup>1</sup>, CHEN Ling<sup>2</sup>

(1. School of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China;

2. School of Food Sciences and Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

**Abstract:** By analyzing the total number of colonies, gelatinization characteristics, moisture content, color, absorbance of extract liquid, texture and sensory scores of instant fresh rice noodles, the effects of acid-soaking, water bath and combined treatment on the quality of instant fresh rice noodles were illustrated. Compared with the control group, the starch paste viscosity, breakdown and the setback viscosity of instant fresh rice noodles in all groups reduced significantly ( $P<0.05$ ). After water bath treatment, the texture and sensory properties of instant fresh rice noodles were improved, and the storage time extended. The acid-soaking treatment significantly altered the moisture content, color, absorbance of extracted liquid, viscosity, and decreased the hardness and elasticity of the instant fresh rice noodles ( $P<0.05$ ). In the storage period, the total number of bacterial colonies increased slowly, however the overall quality deteriorated rapidly. In the later period, the gel structure was severely damaged and the sensory score reduced significantly ( $P<0.05$ ). In the combination group, the initial quality of instant fresh rice noodles was improved, but the elasticity was slightly lower than that of the water bath treatment group. The total number of bacterial colonies increased slowly in combination group, which could maintain a better color, texture characteristics and sensory score with in the extension of storage time. The quality of instant fresh rice noodles in combination group was the optimum in term of texture characteristics and sensory score.

**Key words:** preservation method; instant fresh rice noodles; low temperature storage; quality; textural property

收稿日期: 2020-07-29

基金项目: “十三五”国家重点研发计划重点专项 (2016YFD04012021); 河南工业大学校博士基金 (2019BS022)。

作者简介: 卫攀杰 (1995-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 食品加工, E-mail: wpi1727670877@163.com。

\* 通信作者: 陈洁 (1963-), 女, 硕士, 教授, 研究方向: 食品加工与品质分析, E-mail: cjie06@163.com。

米粉是我国南方地区常见的主食类食品<sup>[1]</sup>。鲜湿米粉因其食用方便、口感韧性好深受消费者的喜爱<sup>[2]</sup>,然而鲜湿米粉水分含量较高,贮藏期间易出现腐败变质现象,严重限制了鲜湿米粉的工业化生产<sup>[3]</sup>。因此,需要对鲜湿米粉进行保鲜处理,在不影响或较少影响鲜湿米粉品质的情况下延长鲜湿米粉的保质期。目前,对于鲜湿米粉所采用的保鲜方式主要有湿热处理、微波处理、酸浸处理以及包装处理等<sup>[4]</sup>。黄永平等<sup>[5]</sup>研究发现微波处理在一定程度上能够有效延缓鲜湿米粉贮藏品质劣变,但是微波处理产能小,成本高。湿热处理是现在用于食品保鲜较常见且经济适用的方式,有研究发现,湿热处理对淀粉的聚合度、直链淀粉含量以及水化特性等产生影响,从而改变鲜湿米粉的品质<sup>[6]</sup>。张玮等<sup>[7]</sup>发现通过调节水浴处理的温度及时间可以在较长时间内保证鲜湿米粉的良好品质。酸浸处理是采用有机酸改变鲜湿米粉的 pH,从而达到延长保质期的目的。刘超<sup>[8]</sup>的研究发现,湿米粉采用乳酸和醋酸钠混合液酸浸处理后密封包装,再结合水浴杀菌能够有效抑制微生物的生长,取得较好的保鲜效果。目前国内外学者对于酸湿热处理对高水分米、面食品的保鲜做了大量的研究,而对单一酸浸处理、单一水浴处理及两者结合的处理方式对鲜湿米粉品质的影响研究较少。因此分析单一酸浸处理及单一水浴处理,并对比两者结合对鲜湿米粉的保鲜效果及品质影响对鲜湿米粉工业化生产具有实际应用意义。

本实验分别用单一水浴、单一酸浸以及酸浸+水浴结合的方式对鲜湿米粉进行处理,通过对鲜湿米粉微生物及品质特性进行分析比较,综合感官评价,并观察鲜湿米粉的微观结构,了解保鲜方式对鲜湿米粉品质的影响,以为鲜湿米粉的保鲜及品质改良提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

籼米 购自广州本地;乳酸 天津市科密欧化学试剂有限公司;胰蛋白胨、酵母粉、琼脂 北京索莱宝科技有限公司;所有试剂 均为分析纯。

MFD15 多功能一步成型米粉机 广东衡联食品机械有限公司;CKZ 系列电汽两用蒸饭蒸馒头机 江苏飞月厨具有限公司;FD-1A-50 冷冻干燥机 北京博医康实验仪器有限公司;TA.XT Plus 物性测试仪

英国 Stable Micro Systems 公司;CR-400 型色彩色差计 日本 KONICA MINOLTA 公司;SPX-250B 生化培养箱 北京永光医疗仪器有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 鲜湿米粉的制作工艺流程 鲜湿米粉制作工艺参考文献方法<sup>[9]</sup>:清洗浸泡(8~9 h)→润米→挤压熟化→恒温恒湿凝胶化(6 h)→二次熟化→真空包装→4 ℃ 储藏

1.2.2 样品的制备 研究酸浸对鲜湿米粉品质的影响时,二次熟化后经 25 ℃ 的 1% 乳酸溶液浸泡 60 s 再进行包装;研究水浴对鲜湿米粉品质的影响时,鲜湿米粉包装后经 95 ℃ 水浴处理 40 min;研究两者结合对鲜湿米粉品质的影响时:先将二次熟化过的鲜湿米粉经 25 ℃ 的 1% 乳酸溶液浸泡 60 s 后进行包装,再经 95 ℃ 水浴处理 40 min。

1.2.3 指标的测定 菌落总数的测定:参照 GB 4789.2-2016;糊化特性的测定:参照 GB/T 24852-2010;水分含量的测定:参照 GB 5009.4-2016 中的直接干燥法。

1.2.4 鲜湿米粉色泽测定 鲜湿米粉色泽的测定参考文献方法<sup>[10]</sup>,将鲜湿米粉排列整齐,放置于色差计通光孔处进行测定,鲜湿米粉的色泽主要参考  $L^*$  值与  $b^*$  值。

1.2.5 鲜湿米粉提取液吸光度的测定 鲜湿米粉提取液吸光度的测定参考文献方法<sup>[11]</sup>,准确称量 10 g 的湿米粉于的烧杯中,加入 100 mL 沸水浸泡 6 min,取上清液于 620 nm 比色,空白采用蒸馏水。

1.2.6 鲜湿米粉质构特性分析测定 鲜湿米粉经沸水浸泡 6 min 后选取相同长度 8 cm 的 3 根米粉,进行咀嚼硬度、弹性及黏性的测定,测试方案为:米粉 TDT(Two Deformation Test, TDT)分析<sup>[12]</sup>;测试探头为: P/100;测试参数为:测前速度、测中速度、测后速度均为 1 mm/s,触发力 5 g,第一次形变量:75%,保持时间:10 s,第二次形变量:90%。

1.2.7 感官评价 鲜湿米粉感官评价参考周显青等<sup>[13]</sup>的方法并加以改进,由 10 位专业感官评定小组根据表 1 的评分细则进行评价。

1.2.8 鲜湿米粉微观结构测定 鲜湿米粉经真空冷冻干燥后,掰开,取其断裂截面,然后在 3 kV 的加速电压下观察。显微照片以 2000 倍放大倍数拍摄。

表 1 鲜湿米粉感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria for instant fresh rice noodles

感官指标	项目评分
外观状态(20分)	表面光滑、无并条且色泽白亮(16~20分),表面略粗糙、稍有并条且色泽偏暗(10~15分),表明粗糙有空洞、较多并条且没有光泽(<10分)
弹性(20分)	咬劲适中、富有弹性(16~20分),一般(10~15分),咬劲过小或过高、弹性不足(<10分)
口感(20分)	口感细腻、柔韧且不粘牙(16~20分),口感略粗、坚韧且稍粘牙(10~15分),口感粗糙、坚硬且发粘(<10分)
硬度(20分)	软硬适中(16~20分),稍软或稍硬(10~15分),过硬或过软(<10分)
气味(20分)	有米香味且无其他异味(16~20分),米香味略淡且稍有异味(10~15分),基本无米香味且存在其它异味(<10分)

### 1.3 数据处理

试验中所得的数据均采用 SPSS 21 进行统计分析,并用 Origin 2018 绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 保鲜方式对鲜湿米粉菌落总数的影响分析

由表 2 可知,空白组的鲜湿米粉的菌落总数随着时间的延长迅速增加,在 4 °C 贮藏 9 d 时其菌落总数就超过了 NY/T1512-2014《绿色食品、生面食、米粉制品》中米粉菌落总数应  $\leq 3 \times 10^5$  CFU/g 的要求<sup>[14]</sup>。水浴组、酸浸组及酸浸+水浴组的鲜湿米粉初始带菌量有明显降低,经过 95 °C 水浴热力杀菌可以杀死鲜湿米粉中不耐热的微生物,适度酸浸处理能够降低鲜湿米粉的 pH,从而抑制微生物的生长。水浴处理的鲜湿米粉在贮藏 3 d 后,微生物适应环境快速繁殖增长,但增长趋势较空白组缓慢。酸浸处理能够使鲜湿米粉在贮藏过程中微生物的生长受到抑制。酸浸+水浴处理能够杀死鲜湿米粉中大部分微生物,且在贮藏期间抑制微生物的生长效果明显。

表 2 鲜湿米粉储藏期间菌落总数变化

Table 2 The change of the total number of colonies during the storage of instant fresh rice noodles

贮藏时间(d)	菌落总数(CFU/g)			
	空白	水浴	酸浸	酸浸+水浴
0	$1.60 \times 10^2$	<10	<10	<10
3	$3.36 \times 10^3$	<10	14	<10
6	$5.56 \times 10^4$	$1.22 \times 10^2$	15	<10
9	$6.04 \times 10^5$	$2.42 \times 10^2$	21	<10
12	$2.80 \times 10^6$	$7.95 \times 10^3$	22	18

### 2.2 保鲜方式对鲜湿米粉糊化特性的影响分析

由表 3 可知,与空白组相比,水浴组、酸浸组及酸浸+水浴组鲜湿米粉的淀粉糊黏度、衰减值及回生值均显著( $P < 0.05$ )减小,糊化温度显著( $P < 0.05$ )增大,这与邱超等<sup>[15-16]</sup>的研究结果一致,说明水浴与酸浸能增强鲜湿米粉的热糊稳定性及抗剪切能力,并减缓鲜湿米粉的老化<sup>[17]</sup>。有研究表明,酸和热使淀粉发生酸解和糊精化反应,淀粉分子链变小并生产非增稠的糊精,最终降低淀粉糊黏度<sup>[18]</sup>。水浴组鲜湿米粉的衰减值最小,说明水浴处理对于提高鲜湿米粉中淀粉的热稳定性的影响较大;酸浸组鲜湿米粉峰值黏度、谷值黏度及最终黏度均较小,说明酸水解对于鲜湿米粉中淀粉的黏性影响较大,从而影响鲜湿米粉品质。

### 2.3 保鲜方式对鲜湿米粉水分含量的影响分析

由图 1 可知,与空白组相比,水浴组、酸浸组及酸浸+水浴组鲜湿米粉水分含量分别增加了 0.76%、0.15% 和 1.41%,酸浸+水浴组鲜湿米粉水分含量增加最多,有研究表明,水分与其他成分间的相互作用能够影响淀粉基食品的稳定性和功能特性<sup>[19]</sup>,鲜湿米粉主要由淀粉组成,淀粉质食品水分含量的高低直接影响淀粉的老化速率,当鲜湿米粉中水分含量较高时,能够减少淀粉分子间相互交联缠绕、结晶重排的几率,延缓鲜湿米粉贮藏过程中淀粉的老化回生<sup>[20]</sup>,从而延长鲜湿米粉的货架期。4 组鲜湿米粉的水分含量均随着贮藏时间的延长逐渐下降,酸浸组鲜湿米粉水分含量下降最多,水浴组鲜湿米粉的水分含量下降最少。鲜湿米粉中的淀粉在贮藏过程中发生老化现象,淀粉分子间的氢键逐渐恢复有序化排列,形成致密、高度结晶的微晶束,从而使淀粉与水分子之间的结合能力减弱<sup>[21]</sup>,导致鲜湿米粉水分含量下降。

### 2.4 保鲜方式对鲜湿米粉色泽的影响分析

由图 2 可知,与空白组相比,水浴组及酸浸+水浴组鲜湿米粉  $L^*$  值差别不大,  $b^*$  值显著( $P < 0.05$ )降低;酸浸组鲜湿米粉的  $L^*$  值增大,  $b^*$  值降低,即酸浸处理后鲜湿米粉的白度增加,黄度降低。鲜湿米粉的  $L^*$  值随着贮藏时间的延长明显减小,  $b^*$  值随着贮藏时间的延长明显增加。空白组鲜湿米粉由于在贮藏期间微生物大量繁殖,产生较多的黄色素,同时鲜湿米粉中相关酶类活跃,使鲜湿米粉发生褐变的几率增加,从而使鲜湿米粉的白度值降低,黄度值增大<sup>[5]</sup>。采用保鲜处理后,微生物及相关酶类的活性受到抑制,黄色素的产生及褐变发生的机率降低,从而减缓鲜湿米粉  $L^*$  降低、 $b^*$  值增大的趋势<sup>[22]</sup>。

### 2.5 保鲜方式对鲜湿米粉提取液吸光度的影响分析

由图 3 可知,在第 0 d,与空白组相比,水浴组及酸浸+水浴组鲜湿米粉提取液吸光度相差不大,而酸浸组鲜湿米粉提取液吸光度增加了 176.26%,即酸浸处理使鲜湿米粉的淀粉溶出率升高,混汤率增大。乳酸是弱酸,在水溶液中电离产生的氢离子能够增强淀粉分子间的静电斥力,使鲜湿米粉中的淀粉溶出增加<sup>[23]</sup>,从而增大鲜湿米粉的提取液吸光度。酸浸+水浴组鲜湿米粉中因在水浴过程中能够使酸浸溶出依附在表面的淀粉颗粒继续糊化,淀粉凝胶结构与酸浸组相比进一步增强,且酸浸+水浴处理使鲜湿米粉中

表 3 鲜湿米粉糊化特性分析

Table 3 Gelatinization characteristics of instant fresh rice noodles

样品	峰值黏度(mPa·s)	谷值黏度(mPa·s)	衰减(mPa·s)	最终黏度(mPa·s)	回生(mPa·s)	糊化温度(°C)
空白	$1954.5 \pm 12.5^a$	$1445.5 \pm 44.5^a$	$509.0 \pm 57.0^a$	$2159.0 \pm 33.0^a$	$713.5 \pm 77.5^a$	$81.8 \pm 0.1^c$
水浴	$1345.5 \pm 14.5^b$	$1247.0 \pm 15.0^b$	$98.5 \pm 0.5^c$	$1410.0 \pm 17.0^b$	$163.0 \pm 2.0^c$	$86.6 \pm 0.2^b$
酸浸	$1020.0 \pm 3.0^d$	$723.0 \pm 10.0^d$	$297.0 \pm 13.0^b$	$1258.0 \pm 4.0^c$	$535.0 \pm 14.0^b$	$86.7 \pm 0.1^b$
酸浸+水浴	$1257.5 \pm 4.5^c$	$1133.0 \pm 2.0^c$	$124.5 \pm 2.5^c$	$1252.0 \pm 6.0^c$	$119.0 \pm 4.0^c$	$88.7 \pm 0.4^a$

注:表中数据表示平均值±标准误,同一纵列上标不同字母表示 $P < 0.05$ 时的差异显著,表4同。

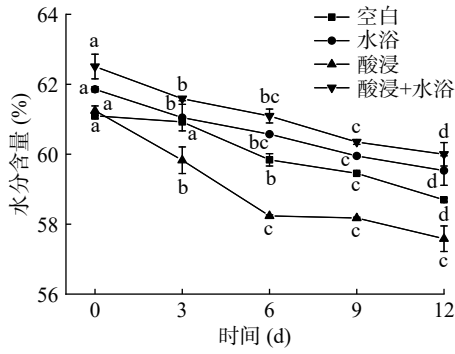


图 1 鲜湿米粉水分含量变化

Fig.1 Changes of moisture content of instant fresh rice noodles  
注: 用 Duncan 法进行多重比较, 不同字母表示不同组别 P<0.05 时具有显著性差异, 图 2~图 4 同。

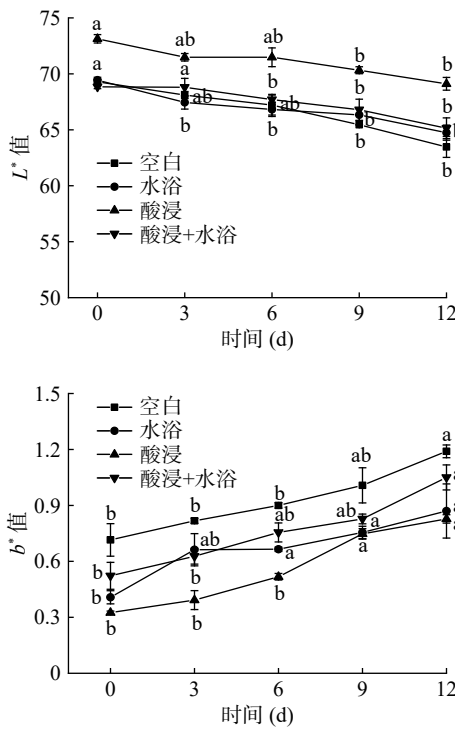


图 2 鲜湿米粉 L\* 值、b\* 值变化

Fig.2 Change of L\* value and b\* value of instant fresh rice noodles

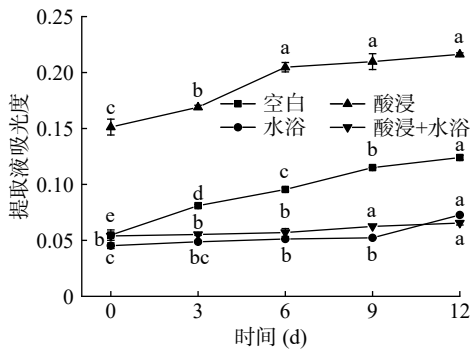


图 3 鲜湿米粉提取液吸光度变化

Fig.3 Changes of absorbance value of extract liquid of instant fresh rice noodles

改变, 不利于淀粉分子从颗粒内溶出, 提取液吸光度减小<sup>[24]</sup>。

空白组及酸浸组鲜湿米粉在贮藏过程中提取液吸光度逐渐增大, 鲜湿米粉贮藏过程中淀粉的老化使米粉变硬、韧性变差, 米粉在蒸煮时易糊汤<sup>[25]</sup>, 大量增殖的微生物破坏了鲜湿米粉的淀粉凝胶结构, 导致鲜湿米粉蒸煮时淀粉的溶出增加, 因此空白组鲜湿米粉提取液吸光度逐渐增大<sup>[26]</sup>; 酸浸组在储藏后期因鲜湿米粉凝胶结构被酸所破坏, 淀粉溶出增加, 提取液吸光度逐渐增大; 水浴组鲜湿米粉在储藏 0~9 d 时变化不大, 在储藏 9~12 d 时微生物增长迅速, 鲜湿米粉提取液吸光度增加了 39.23%; 而酸浸+水浴组鲜湿米粉微生物增长缓慢, 淀粉凝胶结构未被破坏, 提取液吸光度变化较小。

### 2.6 保鲜方式对鲜湿米粉质构特性的影响分析

由图 4 可知, 贮藏 0 d 时, 与空白组相比, 水浴组及酸浸+水浴组鲜湿米粉的咀嚼硬度、弹性增大, 黏性变化不大; 酸浸组鲜湿米粉的咀嚼硬度及弹性减

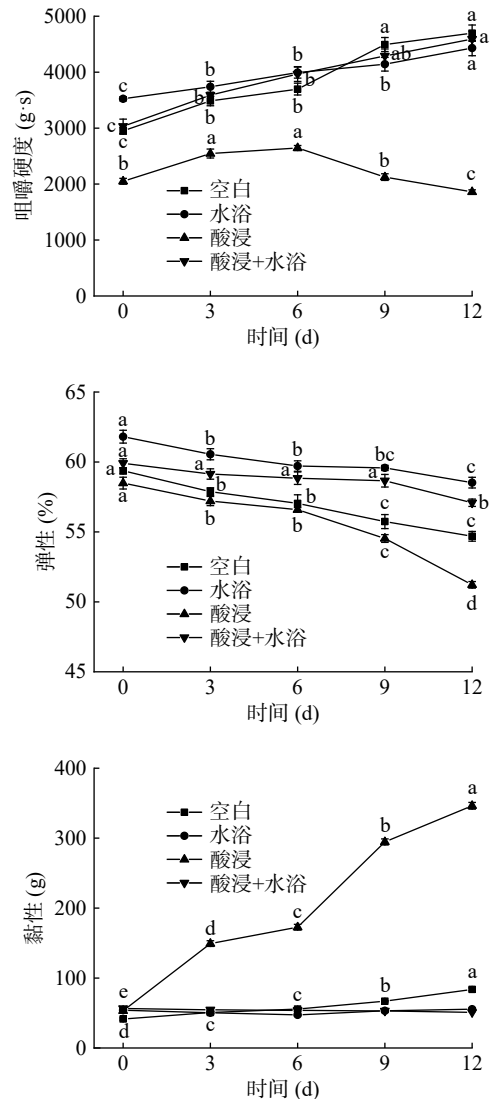


图 4 鲜湿米粉质构特性变化

Fig.4 Changes in texture characteristics of instant fresh rice noodles

淀粉内部的直链淀粉向螺旋状转化, 直链淀粉间的相互作用增加, 结晶区和无定形区间的相互作用被

小,黏性增大。水浴组鲜湿米粉咀嚼硬度和弹性最大,酸浸+水浴处理次之,主要是因为水浴处理使鲜湿米粉中的淀粉进一步糊化,在冷却凝胶化的过程中,淀粉分子间交联缠绕几率增加,从而形成更加致密的双螺旋结构,咀嚼硬度和弹性增加。酸浸组鲜湿米粉由于在酸浸过程中乳酸发生电离产生氢离子,使淀粉分子间的静电斥力增加,酸水解淀粉使淀粉溶出较多,且鲜湿米粉的淀粉凝胶结构部分被破坏,从而咀嚼硬度和弹性降低,黏性增加<sup>[16]</sup>。

鲜湿米粉贮藏期间由于内部水分、淀粉等的变化及外部微生物、温度等的作用,质构特性会发生变化,主要表现为硬度增加、弹性下降<sup>[5]</sup>。由图4可知,空白组、水浴组及酸浸+水浴组鲜湿米粉贮藏过程中的咀嚼硬度均逐渐增大,弹性逐渐减小。有研究表明,导致鲜湿米粉4℃冷藏期间咀嚼硬度增加、弹性下降的关键因素是淀粉回生<sup>[27-28]</sup>,淀粉回生程度越大,硬度越大,弹性越小<sup>[29]</sup>。酸浸组鲜湿米粉随着贮藏时间的延长,咀嚼硬度先上升后下降,弹性逐渐下降,贮藏前期咀嚼硬度增加、弹性下降与淀粉回生有关,后期因鲜湿米粉的凝胶结构被破坏,咀嚼硬度、弹性下降。

空白组及酸浸组鲜湿米粉的黏性在贮藏期间逐渐增大,其中酸浸组鲜湿米粉的黏性增加最快,贮藏3d时其黏性就已经超过了空白组鲜湿米粉贮藏12d时的黏性。空白组鲜湿米粉贮藏期间微生物大量繁殖,生长代谢产物的积累使鲜湿米粉凝胶结构破坏,导致淀粉溶出增加,黏性增加。酸浸组鲜湿米粉因水分含量的降低、酸解淀粉的溶出、凝胶结构被破坏,导致黏性增加。水浴组及酸浸+水浴组的鲜湿米粉黏性随着贮藏时间的延长逐渐降低,但未表现出显著性差异( $P>0.05$ )。

### 2.7 保鲜方式对鲜湿米粉感官评价的影响分析

由表4可知,水浴组及酸浸+水浴组的鲜湿米粉口感软硬度适中、弹性较好、没有其他异味,感官总分较空白组及酸浸组的鲜湿米粉更高,酸浸组的鲜湿米粉弹性一般、口感过软,感官评分最低。空白组的鲜湿米粉因在第9d时菌落总数超标不能食用,因此未进行感官评价。空白组、水浴组及酸浸组感官评分随着储存时间的延长均呈现明显下降趋势,且酸浸组下降更快,并在贮藏第6d时感官评分低于

表4 鲜湿米粉感官评分(分)

Table 4 Sensory evaluation of instant fresh rice noodles (score)

时间(d)	样品			
	空白	水浴	酸浸	酸浸+水浴
0	86.00±1.53 <sup>a</sup>	93.00±0.58 <sup>a</sup>	79.67±1.20 <sup>a</sup>	94.00±0.33 <sup>a</sup>
3	78.00±1.53 <sup>b</sup>	92.00±0.58 <sup>a</sup>	68.00±1.15 <sup>b</sup>	92.00±0.33 <sup>a</sup>
6	61.00±0.58 <sup>c</sup>	90.67±0.88 <sup>ab</sup>	58.33±0.33 <sup>c</sup>	93.00±0.58 <sup>a</sup>
9	-	88.33±1.20 <sup>bc</sup>	53.00±0.58 <sup>d</sup>	91.67±0.58 <sup>a</sup>
12	-	86.67±1.21 <sup>c</sup>	45.00±0.58 <sup>e</sup>	90.80±2.85 <sup>a</sup>

注:-表示未进行测定。

60分。而酸浸+水浴组鲜湿米粉的感官评分虽有轻微下降,但是未表现出显著性差异( $P>0.05$ )。

### 2.8 相关性分析

为了更好地分析鲜湿米粉各指标间的相关性,对鲜湿米粉的感官评分与各品质指标进行相关性分析,结果见表5,鲜湿米粉的感官评分与水分含量( $r=0.835$ )及弹性( $r=0.893$ )极显著正相关,与提取液吸光度( $r=-0.848$ )及黏性( $r=-0.644$ )极显著负相关( $P<0.01$ ),表现为鲜湿米粉的水分含量越大,弹性越好,提取液吸光度越小,黏性越小,感官评分越高。

表5 相关性分析结果

Table 5 Results of correlation analysis

指标	水分含量	提取液吸光度	咀嚼硬度	弹性	黏性	感官评分
感官评分	0.835**	-0.848**	0.338	0.893**	-0.644**	1

注:\*\*表示极显著相关( $P<0.01$ )。

### 2.9 保鲜方式对鲜湿米粉微观结构的影响分析

由图5可以看出,不同保鲜处理方式对鲜湿米粉的凝胶微观结构产生的影响是不同的。与空白组鲜湿米粉相比,水浴组鲜湿米粉内部出现了更加致密均匀的孔洞,说明水浴处理的鲜湿米粉中的淀粉进一

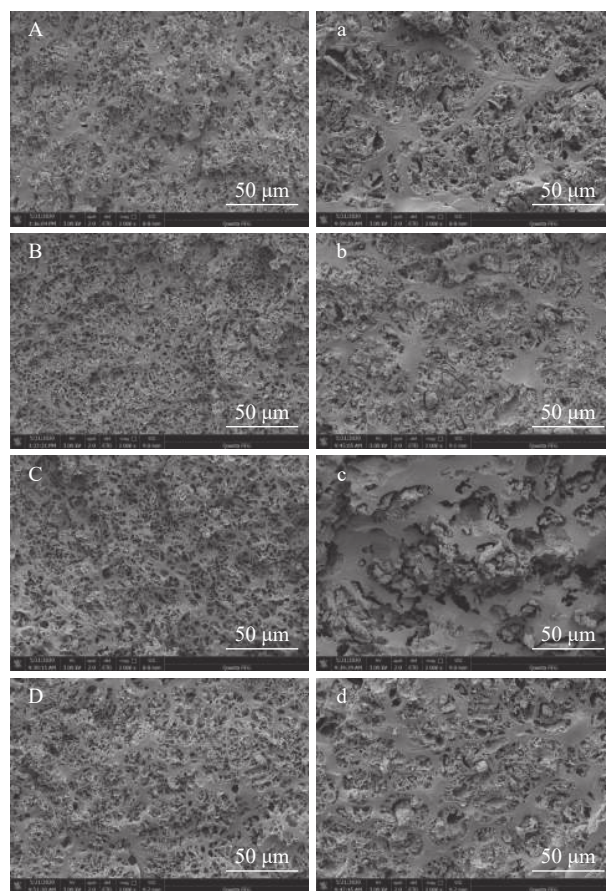


图5 鲜湿米粉扫描电镜图

Fig.5 Scanning electron micrograph of instant fresh rice noodles

注:A、B、C、D依次为0d的空白组、水浴组、酸浸组、酸浸+水浴组;a、b、c、d依次为12d的空白组、水浴组、酸浸组、酸浸+水浴组。

步糊化,水分子分布的更加均匀<sup>[30]</sup>。而酸浸组及酸浸+水浴组的鲜湿米粉内部结构疏松且孔洞大小不均匀,说明酸浸处理对鲜湿米粉凝胶内部结构有一定的破坏作用。4种鲜湿米粉贮藏12d后鲜湿米粉的凝胶结构形成增多,孔洞疏松无规则,且空白组鲜湿米粉凝胶结构出现裂纹,酸浸组鲜湿米粉内部结构被破坏,这可能是酸浸组鲜湿米粉在贮藏后期咀嚼硬度及弹性下降迅速的原因。而水浴组及酸浸+水浴组鲜湿米粉内部因淀粉回生出现较大面积凝胶结构,水浴组凝胶结构更密集,酸浸+水浴组凝胶结构更有序,这可能是水浴组及酸浸+水浴组鲜湿米粉在贮藏期间质构特性出现相似趋势的原因。

### 3 结论

通过本研究发现,3种保鲜处理方式均使鲜湿米粉的初始带菌量显著减少( $P<0.05$ ),糊化黏度、衰减值和回生值显著降低( $P<0.05$ ),糊化温度显著( $P<0.05$ )增大。水浴处理使鲜湿米粉的水分含量、弹性及感官评分显著增加( $P<0.05$ ),贮藏前期能够保持较好的品质,贮藏后期因淀粉回生及微生物数量的增加,品质逐渐下降。酸浸处理能够抑制鲜湿米粉贮藏期间微生物的生长,乳酸溶液中弱酸离子的作用使鲜湿米粉的提取液吸光度、咀嚼硬度、弹性及感官评分降低,黏性增加,且随着贮藏时间的延长,鲜湿米粉品质发生了较大的劣变。酸浸+水浴处理不仅能够降低鲜湿米粉的初始带菌量,且能够抑制鲜湿米粉中微生物在贮藏期间的生长,初始品质因酸浸的影响略次于采用水浴处理的鲜湿米粉的品质,但由于因酸浸溶出依附在鲜湿米粉表面的淀粉在水浴过程中进一步糊化导致凝胶结构增强,因此能够在贮藏期间始终保持较好的色泽、质构特性及感官评分。

#### 参考文献

[1] 雷婉莹,吴卫国,廖卢艳,等. 鲜湿米粉品质评价及原料选择研究[J]. *食品科学*, 2020, 41(1): 74-79.

[2] 高利,于晨,高成成,等. 鲜湿米粉的保鲜与品质改良研究进展[J]. *中国粮油学报*, 2018, 33(11): 133-139.

[3] 黄永平. 鲜湿米粉贮藏过程中品质变化及微波保鲜技术研究[D]. 江西: 江西农业大学, 2018.

[4] 袁蕾蕾. 鲜湿米粉保鲜贮藏的研究[D]. 江西: 南昌大学, 2014.

[5] 黄永平,黄占旺,张敏,等. 鲜湿米粉微波处理后的贮藏品质变化规律[J]. *中国粮油学报*, 2018, 33(6): 77-83.

[6] Supawadee C, Prisana S. Effect of hydrothermal treatment of rice flour on various rice noodles quality[J]. *Journal of Cereal Science*, 2010, 51(3): 284-291.

[7] 张玮,陈洁,陈玲. 杀菌工艺对鲜湿米粉的保鲜效果及品质的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2019(5): 33-37.

[8] 刘超. 湿米粉加工工艺与保鲜技术研究[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2016.

[9] 李琳,陈洁,陈玲. 玉米淀粉对大米粉凝胶特性的影响[J]. *河南工业大学学报: 自然科学版*, 2019(4): 7-11, 40.

[10] 胡文轩,陈洁,许飞,等. 不同糯米/粳米共混体系凝胶化行

为及年糕品质[J]. *食品科学*, 2019, 40(17): 85-95.

[11] 罗文波. 鲜湿米粉的品质评价、原料适应性及保鲜研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2012.

[12] 孙同辉,陈洁,李雪琴,等. 杀菌方式对年糕贮藏期微生物多样性及品质的影响[J]. *食品科学*, 2020, 41(21): 198-205.

[13] 周显青,张玉荣. 米粉(线)加工及品质评价方法研究进展[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2017(3): 123-130.

[14] 农业行业标准. NY/T1512-2014 绿色食品生面食、米粉制品[S]. 北京: 中国农业出版社, 2014.

[15] 邱超,姬娜,朱晓蕾,等. 酸热处理对马铃薯淀粉理化性质的影响[J]. *粮油食品科技*, 2015(2): 17-21.

[16] Liu C, Song M K, Liu L, et al. Effect of heat-moisture treatment on the structure and physicochemical properties of ball mill damaged starches from different botanical sources[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2020, 156: 403-410.

[17] 潘治利,张焱,艾志录,等. 马铃薯淀粉糊化和凝胶特性与马铃薯粉品质的关系[J]. *食品科学*, 2017, 38(5): 197-201.

[18] 李源. 加工处理方法对米粉结构性质影响的研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.

[19] Wang S J, Li C L, Zhang X, et al. Retrogradation enthalpy does not always reflect the retrogradation behavior of gelatinized starch[J]. *Scientific Reports*, 2016, 6: 1-10.

[20] 白亚丁. 高水分米糕的抗老化研究[D]. 无锡: 江南大学, 2009.

[21] 章焰. 方便米粉的抗老化及品质控制研究[D]. 武汉: 华中农业大学, 2005.

[22] Kim M J, Oh S G, Chung H J. Impact of heat-moisture treatment applied to brown rice flour on the quality and digestibility characteristics of Korean rice cake[J]. *Food Science & Biotechnology*, 2017, 26(6): 1579-1586.

[23] 薛婷. pH、盐、糖、酸对马铃薯淀粉黏度特性的影响[D]. 西安: 陕西科技大学, 2014.

[24] 韩忠杰,熊柳,孙庆杰,等. 酸水解-湿热处理对豌豆淀粉特性的影响[J]. *粮油食品科技*, 2012, 20(6): 11-15.

[25] 祝红,王芳,易翠平. 贮藏温度和时间对鲜湿米粉品质的影响[J]. *食品与机械*, 2018, 34(3): 132-136.

[26] 李运通,陈野,李书红,等. 生鲜面常温贮藏过程中的品质变化规律[J]. *食品科学*, 2017, 38(1): 258-262.

[27] 周颖. 不同种类糯米糕老化特性研究[D]. 无锡: 江南大学, 2013.

[28] Yu S, Ma Y, Sun D W. Effects of freezing rates on starch retrogradation and textural properties of cooked rice during storage[J]. *Lwt Food Science & Technology*, 2010, 43(7): 1138-1143.

[29] Xia W, Fu G, Liu C, et al. Effects of cellulose, lignin and hemicellulose on the retrogradation of rice starch[J]. *Food Science and Technology Research*, 2014, 20(2): 375-383.

[30] Lee C J, Kim Y, Choi S J, et al. Slowly digestible starch from heat-moisture treated waxy potato starch: Preparation, structural characteristics, and glucose response in mice[J]. *Food Chemistry*, 2012, 133(4): 1222-1229.