贮藏温度与时间对鲜湿米粉老化特性的影响研究

赵伟[1]，黄佳琪[2]

（1. 吉林省经济管理干部学院，长春 130012；2. 吉林省产品质量监督检验院，长春 130012）

摘 要：为缩短鲜湿米粉老化研究的实验时间，以鲜湿米粉为研究对象，针对鲜湿米粉长期老化时间长且终点难以判断等复杂因素导致鲜湿米粉老化研究时间长的技术难题，通过考察不同温度下鲜湿米粉样品的老化速度，采用断条率、吐浆值、硬度、拉伸长度、感官评分等老化指标作为评定依据，结合 SEM 和 X−RD 分析方法进行结构验证。结果显示：不同条件下鲜湿米粉老化速率为 4 ℃＞0 ℃＞20 ℃，且鲜湿米粉在 4℃条件下放置 8 d 后基本达到老化终点，采用 SEM 和 X−RD 分析进一步验证了鲜湿米粉加速老化效果 4 ℃＞0 ℃＞20 ℃，并通过验证试验验证超过鲜湿米粉常温条件下放置 120 d 的老化程度，因此鲜湿米粉在 4℃条件下放置 8 d 达到老化终点的判断基本可靠，实验结果具有参考价值，为高水分大米制品老化延缓研究缩短实验时间提供实践参考。

关键词：鲜湿米粉；米线老化；加速试验；参考条件；微观结构

中图分类号：TS213.2 **文献标识码**：A **文章编号**：1006－2513（2023）01－0247－08

doi：10.19804/j.issn1006−2513.2023.01.030

Effects of storage temperature and time on the aging characteristics of fresh wet rice flour

ZHAO Wei[1]，HUANG Jiaqi[2]

（1. Jilin Province Economic Management Cadre College，Changchun 130012；
2. Jilin Province Product Quality Supervision and Inspection Institute，Changchun 130012）

Abstract：In order to shorten the experimental time of aging，fresh wet rice flour was used as research material，aiming to solve the technical problems caused by complex factors such as long aging time and difficulty in judging the end point. The aging speed of fresh wet rice flour samples at different temperatures was investigated，the aging indexes such as broken strip rate，pulp spitting value，hardness，tensile length and sensory score were used as the evaluation basis. The structure was verified by SEM and X−RD analysis. The results showed that the order of the aging rate of fresh wet rice flour under different conditions was 4 ℃＞0 ℃＞20 ℃，and the aging end point of fresh wet rice flour was basically reached after being placed at 4 ℃ for 8 days. The accelerated aging effect of fresh wet rice flour was

收稿日期：2022−03−02

基金项目：吉林省经济管理干部学院食药监测分析科研平台基金（KYPT202102）。

作者简介：赵伟（1975−），男，讲师，硕士研究生，研究方向：食品生物化学及功能性食品研发。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

further verified by SEM and X−RD analysis. The order of aging degree of fresh wet rice flour at 4 ℃ > 0 ℃ > 20 ℃ was verified by verification test. The conclusion was that the fresh wet rice flour reached the aging end point after being placed at 4 ℃ for 8 days was reliable. The study provides a practical reference for future study of aging retardation of high moisture rice products and shortening the experimental time.

Key words：wet rice noodles；rice noodles aging；accelerated test；reference conditions；micro−structure

米粉又称米线，是以直链淀粉含量在 20% 以上的大米为主要原料，经磨粉（浆）、糊化、挤压、成型、老化等一系列工序制成的大米淀粉基食品 [1]，因其口感爽滑、有劲道、易消化等特点而受到我国南方人民 2000 多年的喜爱 [2]。其中鲜湿米粉品质受大米淀粉凝胶效果的影响，探讨凝胶效果不仅涉及糊化程度，更关乎鲜湿米粉的老化（淀粉回生）效果 [3]。鲜湿米粉老化是淀粉分子从高能的无序状态迁移转化为低能有序重结晶结构的转化过程。Fredriksson [4] 团队研究将鲜湿米粉的老化划分为两个阶段：短期老化（short−term retrogradation）与长期老化（long−term retrogradation）。短期老化通常发生在鲜湿米粉成型后数小时内，主要由从膨胀淀粉颗粒中渗漏出的直链淀粉有序聚合和通过羟基形成链间氢键相结合，形成了三维凝胶的网状结构；而长期老化往往发生在数星期内，主要是由支链淀粉外侧短链的重新聚集堆积所引起，导致了淀粉凝胶体系流变性质和结构的显著变化。短期老化是鲜湿米粉生产的必要工序，对鲜湿米粉凝胶的形成具有积极的促进作用，但长期老化会引起鲜湿米粉品质的劣变，导致鲜湿米粉产生质量缺陷，从而失去弹性、易断条且口感差 [5−6]。目前对鲜湿米粉老化的研究，主要集中在大米原料特性 [7] 及其加工精度 [8]，外加品质改良剂 [9−14] 等方面，对于鲜湿米粉老化加速破坏试验参考条件的研究报道目前尚未发现。

本实验以鲜湿米粉为研究对象，针对鲜湿米粉长期老化时间长达数星期甚至数月而且终点难以判断的技术难题，通过考察不同温度下鲜湿米粉老化速度的快慢，以鲜湿米粉的断条率、吐浆值、硬度、拉伸长度、感官评分等指标，结合 SEM 和 X−RD 分析方法进行结构分析，综合评定鲜湿米粉长期老化加速破坏试验的终点，以缩短鲜湿米粉延缓老化研究的实验时间，为高水分大米制品老化程度研究提供判断依据。

1 材料与方法

1.1 主要原辅料

籼米与玉米淀粉：市售；黄原胶：鄂尔多斯市中轩生化股份有限公司；羧甲基纤维素钠：尚天生物科技有限公司；刺槐豆胶：美家康生物科技有限公司。

1.2 实验仪器

鲜湿米粉生产线：广州市健力食品机械有限公司；Universal TA 质构仪：上海腾拔仪器科技有限公司；扫描电子显微镜（JSM−5900LV）：日本电子公司；X’ Pert Pro MPD X− 射线衍射仪（DY 1291）：荷兰飞利浦公司；其他玻璃仪器为市售。

1.3 实验设计与方法

1.3.1 鲜湿米粉制作工艺

将直链淀粉含量 20% 以上的大米磨粉后与玉米淀粉以 3 ～ 4∶1 的质量比混合，搅拌均匀后，加水和料（控制进料水分 36% ～ 40%），在高温下进行熟化（140 ～ 160 ℃，100 ～ 120 s）、成型（30 ～ 60 ℃，40 ～ 60 s）后，再经过冷却（6 ～ 8 min 降至 40℃以下）、切分（120 g/ 块）、老化、包装、灭菌、冷却、装箱等工序而生产鲜湿米粉样品。

籼米→磨粉→加水和料→熟化→成型→切定量切分→老化→包装→灭菌→冷却→装箱→成品

1.3.2 实验设计

1.3.2.1 预实验　根据前期实验与经验数据，将鲜湿米粉样品分别放置于 −18 ℃、0 ℃、4 ℃、20℃、37℃，观察鲜湿米粉硬度的变化。

1.3.2.2 鲜湿米粉老化加速破坏试验　在 1.3.2.1 预实验的基础上，大致确定加速温度条件，进一步观察鲜湿米粉断条率、吐浆值、硬度、拉伸长度、感官评分等指标随放置时间的变化。

1.3.2.3 结构分析　在 1.3.2.2 鲜湿米粉老化加

速破坏试验的基础上，对鲜湿米粉样品在0℃、4℃、20℃环境下放置8 d后采用SEM与X−RD分析。

1.3.2.4 验证试验 在1.3.2.2和1.3.2.3试验的基础上，通过常温放置样品来验证加速破坏试验是否达到终点。

1.4 实验方法

1.4.1 断条率的测定

选择20根20 cm长度的鲜湿米粉，在500mL沸水中浸泡3 ～ 5 min后，将米粉样品捞起过冷水滤干，记录10 cm以上的米粉条数（x_1），按下式进行断条率的计算[15]：

$$断条率（\%）=\frac{20-x_1}{20}\times100\% \quad (1)$$

1.4.2 米粉吐浆值测定

测定鲜湿米粉水分含量（w），称取鲜湿米粉样品（m_0）20 g，在500 mL沸水中浸泡3 min，捞起鲜湿米粉后将汤汁定容至500 mL，移取50 mL至已恒重的器皿（m_1）中，然后将其放置在105±2 ℃条件下干燥至恒重（m_2），按公式（2）计算吐浆值[16]：

$$吐浆值（\%）=\frac{10\times(m_2-m_1)}{m_0\times(1-w)}\times100\% \quad (2)$$

1.4.3 鲜湿米粉质构测定

1.4.3.1 鲜湿米粉硬度测定 取鲜湿米粉样品20 ～ 30根，放入盛有500 mL沸水（蒸馏水）的烧杯中，加盖静置4 min，立即将鲜湿米粉捞出，在漏水丝网容器中沥干水分后进行质构测定。测定参数：探头HDP/PFS，测前、测试、测后速度分为2、1、1 mm/s，感应力5 g，压缩率70%，时间1 s。测定指标为硬度，确保测量在10 min内完成，每个样品重复6次平行实验[17]。

1.4.3.2 鲜湿米粉拉伸测定 采用的质构仪探头P/SPR面条拉伸装置，参数设定如下：测前速度1 mm/s；测试速度3.0 mm/s；测后速度5 mm/s；引发力5 g；拉伸距离15 mm[18]。

1.4.4 扫描电子显微镜（SEM）分析

参考李才明等[19]的方法修改调整，鲜湿米粉经冷冻干燥后粉碎过120目筛，通过导电双面胶将样品均匀固定，紧接着真空喷金150 s，在20 kV工作电压下，基于观察米粉剖面的形貌特征来分析米粉之间的差异。

1.4.5 X射线衍射（XRD）分析

参考杨健等[20]的X−RD测定方法稍作修改，取鲜湿米粉样品，通过冷冻干燥处理，粉碎过120目筛并平衡水分平铺于载物台上开始测试。测定条件：采用Cu−Kα辐射（λ=0.1543 nm），测试电压40 kV，电流40 mA，扫描衍射角5° ～ 60°，扫描速率设置为2 ℃/min。

1.4.6 鲜湿米粉感官评价

参考杨健等[21]制定的米粉感官评价表格，结合本实验鲜湿米粉的特点进行修改后，制定鲜湿米粉感官评价标准。鲜湿米粉经95℃沸水泡3 ～ 5 min后，分放于碗中品尝，品尝小组由15 ～ 20位经过培训的人员组成。

表1 鲜湿米粉感官评分细则

Table 1 Sensory scoring standards for fresh and wet rice flour

感官指标	标准	分值
劲道	有嚼劲但不糁牙	18 ～ 25
	稍有嚼劲略糁牙	10 ～ 18
	无嚼劲易糁牙	0 ～ 10
质地	硬度适中但不粘牙	18 ～ 25
	略硬或略软，且基本不粘牙	10 ～ 18
	很硬或很软，非常粘牙	0 ～ 10
风味	米香味浓郁无异味	18 ～ 25
	略有米香，稍有异味	10 ～ 18
	无米香，且有异味	0 ～ 10
色泽	洁白透亮，很有光泽	18 ～ 25
	颜色正常，稍有光泽	10 ～ 18
	颜色发黄，缺乏光泽	0 ～ 10

1.5 统计分析

数据采用SPSS 19.0统计软件单因子方差分析（one way ANOVA）；分析结果用excel绘制图表。

2 结果与讨论

2.1 鲜湿米粉老化加速预实验

不同温度对鲜湿米粉硬度随放置时间的观察结果见图1。由图1可知，随着时间的延长，鲜

湿米粉的硬度逐渐增加。其中 −18 ℃与 37 ℃条件下，鲜湿米粉硬度增加趋势较小，而 0 ℃、4 ℃、20 ℃条件下鲜湿米粉硬度的增加趋势则较大，4 ℃的增加趋势最快。为了缩短观察鲜湿米粉老化的时间，加速鲜湿米粉长期老化速度，在预实验的基础上，进一步以 0 ℃、4 ℃、20 ℃为观察条件，观察鲜湿米粉断条率、吐浆值、硬度、拉伸长度、感官评分等指标，综合判断确认鲜湿米粉加速破坏实验条件。

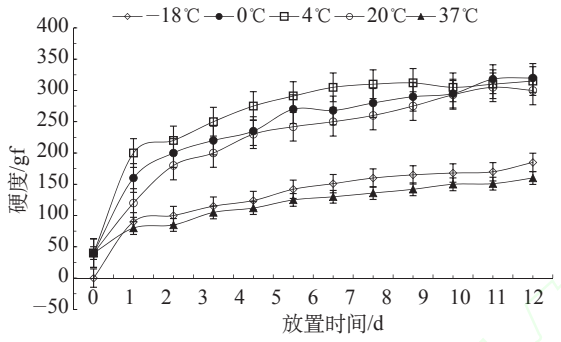

图 1　鲜湿米粉老化加速预实验观察结果

Figure 1　Results of accelerated aging experiment of wet rice noodles

2.2　鲜湿米粉老化加速破坏试验

2.2.1　放置温度与时间对鲜湿米粉断条率的影响

放置温度与时间对鲜湿米粉断条率的影响结果见图 2。由图 2 可知，随着放置时间的延长，鲜湿米粉断条率先逐渐下降，再逐渐升高，最后趋于稳定（断条率≥ 35%）。样品在 0 ℃、4 ℃和 20 ℃贮藏条件下，检出最小断条率的时间分别为 0.75 d、0.5 d 和 1 d，检出断条率趋于稳定的贮藏时间分别是 7 d、10 d、11 d。贮藏 4 天后，样品拉伸长度检出值均低于米粉断条率上限（≤ 10%）。

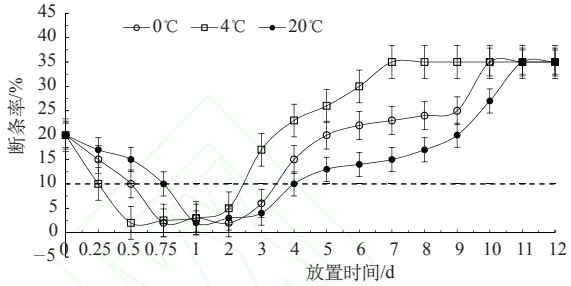

图 2　放置温度与时间对鲜湿米粉断条率的影响

Figure 2　Effect of storage temperature and time on breaking rate of wet rice noodles

2.2.2　放置温度与时间对鲜湿米粉吐浆值的影响

放置温度与时间对鲜湿米粉吐浆值的影响结果见图 3。由图 3 可知，随着放置时间的延长，鲜湿米粉的吐浆值不断上升，并逐渐趋于稳定（吐浆值≥ 20%）。鲜湿米粉样品在 0 ℃、4 ℃和 20 ℃条件下，1 d 之内吐浆值变化均较小，1 d 之后变化趋势较为明显，吐浆值趋于稳定的贮藏时间分别是 10 d、7 d、10 d。

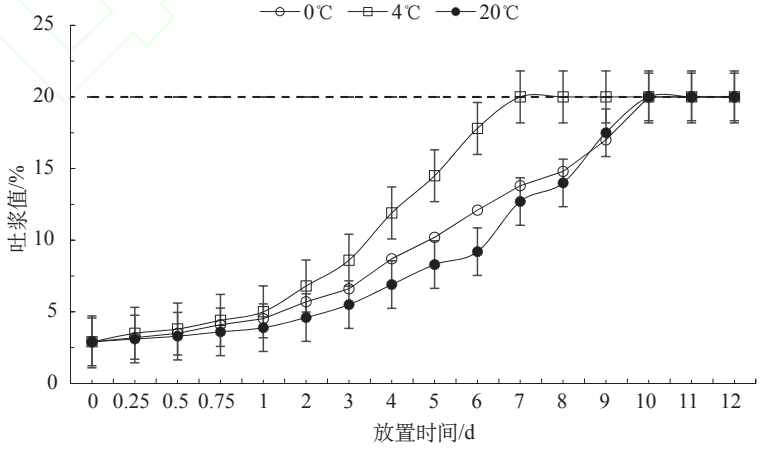

图 3　放置温度与时间对鲜湿米粉吐浆值的影响

Figure 3　Effect of storage temperature and time on spitting value of wet rice noodles

2.2.3 贮藏温度与时间对鲜湿米粉硬度的影响

由图 4 可知，在不同贮藏温度下的鲜湿米粉硬度随着贮藏时间的延长均先逐渐升高，当硬度达到 300 gf 时，增长速率减缓。其中 4 ℃样品，硬度增加速率最快，在第 8 d 时硬度逐渐趋于稳定，检出硬度为 310 gf；0 ℃样品，硬度增加速率较快，在第 11 d 时硬度趋于稳定，检出硬度为 312 gf；20 ℃样品，硬度增加速率缓慢，在第 12 d 检出硬度为 300 gf。

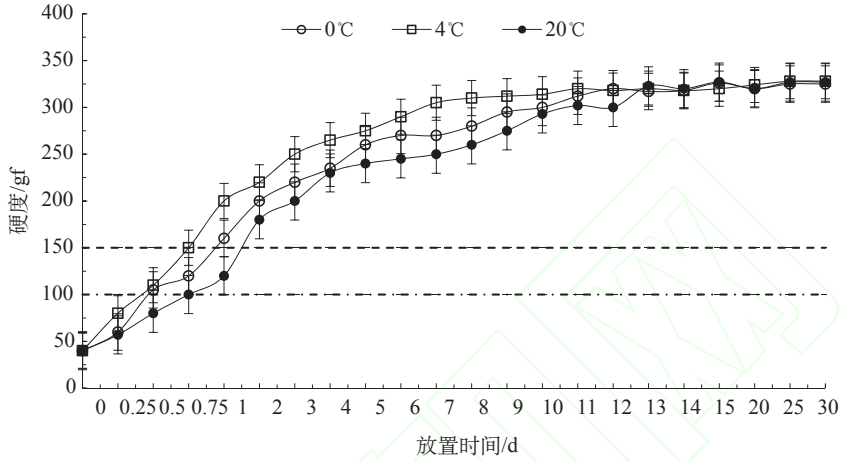

图 4 放置温度与时间对鲜湿米粉硬度的影响

Figure 4 Effect of storage temperature and time on hardness of wet rice noodles

2.2.4 贮藏温度与时间对鲜湿米粉拉伸长度的影响

由图 5 可知，在不同贮藏温度下的鲜湿米粉拉伸长度随着贮藏时间的延长均先升高后降低，其中样品在 0 ℃、4 ℃和 20 ℃贮藏条件下，检出最大拉伸长度时间分别为 0.75 d、0.5 d 和 1 d。贮藏 8 d 后，样品拉伸长度检出值均低于米粉拉伸下限 5 mm。

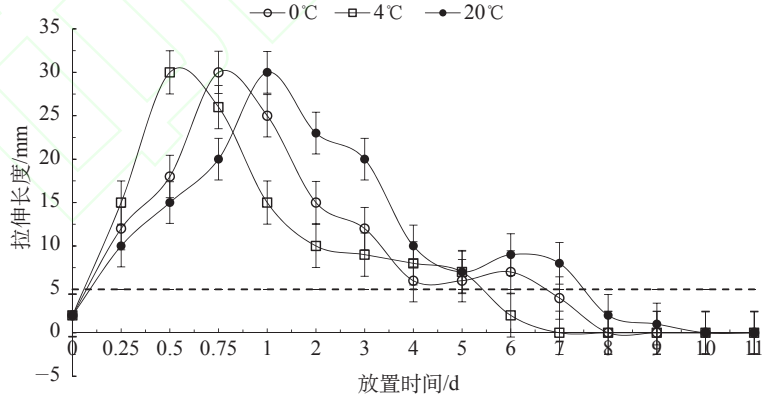

图 5 贮藏温度与时间对鲜湿米粉拉伸长度的影响

Figure 5 Effect of storage temperature and time on stretching of fresh and wet rice noodles

2.2.5 贮藏温度与时间对鲜湿米粉感官评分的影响

由图 6 可知，不同温度条件下，鲜湿米粉的感官评分随时间的延长而逐渐降低，其中样品在 0 ℃、4 ℃和 20 ℃放置条件下，1 天之后降至 80 分以下，影响鲜湿米粉的品质，感官评分分别在 8 d、6 d、9 d 降至 65 分以下。

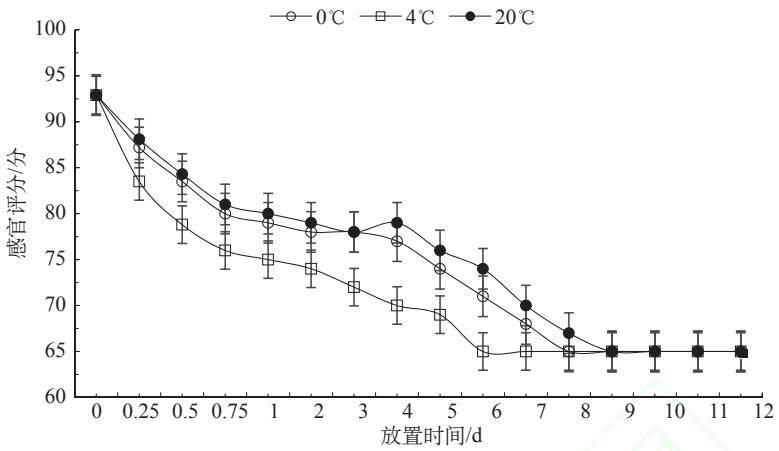

图 6　放置温度与时间对鲜湿米粉感官评分的影响

Figure 6　Effects of storage temperature and time on sensory score of wet rice noodles

鲜湿米粉在放置过程中的存在三个老化过程：(1) 与米粉中直链淀粉的重结晶有关，具有不可逆性，维持着鲜湿米粉的结构形状，提升鲜湿米粉品质；(2) 米粉后期凝胶的缓慢增加，主要与支链淀粉的缓慢老化相关，且这种老化具有可逆性，且加热至 60℃能够再次糊化，使老化后的米粉能在蒸煮时易于吸水糊化，而且这也使得米粉具有较好的粘拉伸长度和良好的口感；(3) 米粉直链和支链淀粉在贮藏过中的过度结晶，米粉凝胶网络中结点开始的部分直链淀粉和水分子发生过度结晶，同时部分支链淀粉分子的外链形成双螺旋结构的过度结晶，导致米粉品质下降，包括米粉的硬度增加，粘拉伸长度变差，易断裂，失去光泽，复水速度延长，口感柔韧性和风味变劣，消化吸收率降低，淀粉凝沉，可溶性淀粉减少等，即过度老化。其中前两个过程老化称之为短期老化或适宜老化，是米粉品质形成和提升的过程，对米粉最终品质有益；第三个过程的老化也称为长期老化或过度老化，是鲜湿米粉品质变坏的过程。

鲜湿米粉在不同温度的贮藏过程中，老化速率是不同的。以上加速试验观察说明老化速率 4 ℃＞ 0 ℃＞ 20 ℃。主要原因是当鲜湿米粉在低温冷藏贮存时，其温度低于玻璃化转变温度（Tg），淀粉体系处于玻璃态，淀粉分子其网状结构中的水结晶化，形成了微小的冰结晶，使得分子链被冻结，从而阻止了分子链间缔合而形成结晶；当储存温度高于晶体融化温度（Tm），分子链运动强烈，结晶态不能保持而熔融。因此，本实验的鲜湿米粉老化加速破坏试验条件设定为将鲜湿米粉样品在 4 ℃下放置 8 d。

2.3　加速老化对鲜湿米粉结构的影响

鲜湿米粉在 4 ℃、0 ℃、20 ℃温度下分别放置 8 d 后采用 SEM 放大 800 倍观察见图 7。由图 7 可知，鲜湿米粉在 4 ℃环境下的微观结构相对于在 0 ℃、20 ℃下放置的样品更加致密，孔洞更少且更小，可能是 4 ℃环境更有利于鲜湿米粉内部结构的定型，也就是说更有利于鲜湿米粉的老

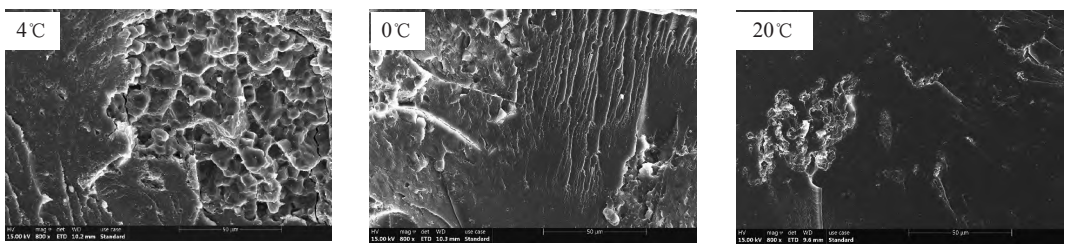

图 7　鲜湿米粉的 SEM 扫描图

Figure 7　SEM scanning of fresh wet rice flour

化回生，4 ℃有利于鲜湿米粉加速老化实验，可以更好的观察和分析老化对鲜湿米粉的影响，从而缩短鲜湿米粉保质期观察的时间。

2.4 加速老化对鲜湿米粉结晶特性的影响

不同温度下鲜湿米粉样 X−RD 分析结果见图 8。由图 8 可知，鲜湿米粉在 0 ℃、4 ℃、20 ℃条件下放置 8 d 后，均在 2θ 为 10°、11°、15°和 17°周围处有明显的衍射峰，波峰的高低与宽窄不一样，说明加速老化温度对鲜湿米粉的结构没有明显的影响，但影响程度有所不同；鲜湿米粉样品样品在 4 ℃的波峰高且宽，0 ℃次之，20 ℃最不明显，说明鲜湿米粉在 4 ℃环境下加速老化最快，在 0 ℃环境下加速老化次之，20 ℃环境下没有加速作用，与前面蒸煮特性与质构特性分析基本一致。

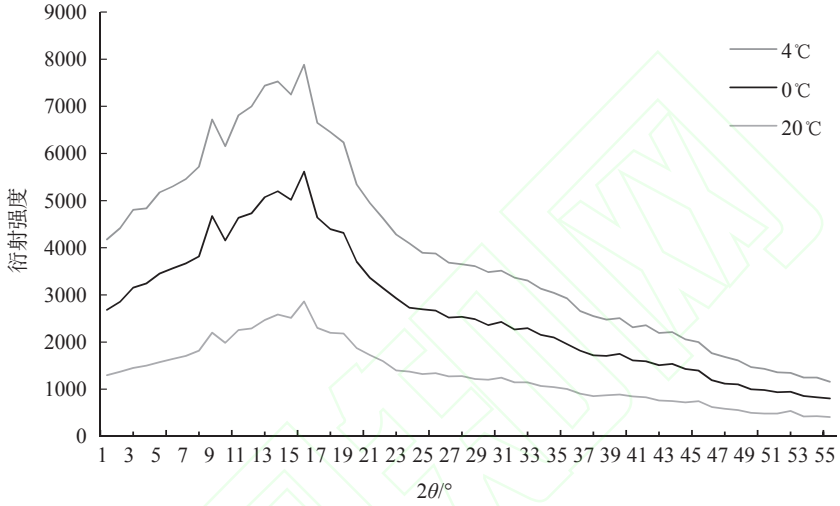

图 8 鲜湿米粉不同温度下的 X−RD 分析图

Figure 8 X−RD analysis of fresh wet rice flour at different temperatures

2.5 验证试验

鲜湿米粉样品在 4 ℃放置 8 d 与常温下放置 120 d 验证试验结果见表 2。由表 2 可知，鲜湿米粉在 4 ℃条件下放置 8 d 的老化程度大于常温条件下放置 120 d，也就是说鲜湿米粉在 4 ℃条件下放置 8 d 基本到达老化终点，后期研究鲜湿米粉延缓长期老化能以 4 ℃条件下放置 8 d 的数据作为参考，判断延鲜湿米粉老化的效果。

表 2 验证试验结果

Table 2 Validation test results

样品	断条率 /%	吐浆值 /%	硬度 /gf	拉伸长度 /mm	感官评分 / 分
1#	30 ± 1.5^{a}	19.01 ± 0.45^{a}	320.01 ± 21.01^{a}	30.1 ± 2.2^{a}	65.44 ± 2.25^{a}
2#	30 ± 1.0^{a}	20.08 ± 0.32^{a}	315.55 ± 7.44^{b}	28.3 ± 3.6^{b}	64.89 ± 1.33^{b}
3#	25 ± 0.5^{b}	14.82 ± 0.73^{b}	185.79 ± 6.45^{c}	18.6 ± 1.0^{b}	73.09 ± 3.44^{c}
4#	25 ± 1.0^{c}	13.89 ± 0.61^{b}	199.81 ± 5.66^{c}	17.5 ± 2.6^{c}	73.54 ± 1.65^{b}
5#	25 ± 0.5^{b}	14.08 ± 0.55^{b}	212.45 ± 9.08^{c}	20.9 ± 1.7^{c}	71.22 ± 1.89^{a}

注：1#、2# 为鲜湿米粉在 4℃条件下放置 8d；3#、4#、5# 为鲜湿米粉在常温下放置 120d。同一列肩标不同小写字母代表差异显著，$P < 0.05$。

3 结论

本实验以鲜湿米粉为研究对象，针对鲜湿米粉长期老化时间长且终点难以判断等复杂因素导致鲜湿米粉老化研究时间长的技术难题，通过考察不同温度下鲜湿米粉样品的老化速度，采用断条率、吐浆值、硬度、拉伸长度、感官评分等老化指标作为评定依据，结合 SEM 和 X−RD 分析

方法进行结构验证。结果显示：不同条件下鲜湿米粉老化速率为4 ℃＞0 ℃＞20 ℃，且鲜湿米粉在4 ℃条件下放置8 d后基本达到老化终点，采用SEM和X-RD分析进一步验证了鲜湿米粉加速老化效果4 ℃＞0 ℃＞20 ℃，并通过验证试验验证超过鲜湿米粉常温条件下放置120 d的老化程度。因此，鲜湿米粉在4 ℃条件下放置8 d达到老化终点的判断基本可靠，实验结果具有参考价值，为高水分大米制品老化延缓研究缩短实验时间提供实践参考。

参考文献：

[1] 王晓彬 . 云南开远鲜湿米线品质变化及控制技术研究 [D]. 天津：天津科技大学，2019.
[2] Hormdok R，Noomhorm A. Hydrothermal treatments of rice starch for improvement of rice noodle quality [J]. LWT－Food Science and Technology，2007，40（10）：1723-1731.
[3] 孙明辉 . 蔗糖酯对大米粉物性及冷冻米饭品质影响研究 [D]. 杭州：浙江工商大学，2014.
[4] Fredriksson H，Silverio J，Andersson R，et al. The influence of amylose and amylopectin characteristics on gelatinization and retrogradation properties of different starches [J]. Carbohydrate Polymers，1998，35（3-4）：119-134.
[5] Miles M J，Morris V J，Orford P D，et al. The roles of amylose and amylopectin in the gelation and retrogradation of starch [J]. Carbohydrate Research，1985，135（2）：271-281.
[6] 孙庆杰 . 米粉加工原理与技术 [M]. 北京：中国轻工业出版社，2006：107-110.
[7] 李刚凤，陈洁，吕莹果，等 . 大米原料性质对米粉老化品质的影响 [J]. 河南工业大学学报：自然科学版，2013，34（2）：39-42.
[8] 夏文，钟业俊，官斌，等 . 加工精度对米粉老化进程的影响 [J]. 食品工业科技，2013，34（2）：160-162，166.
[9] 唐煜括，郑波，徐捍山，等 . 茶多酚、抹茶对鲜湿米粉储藏过程中老化行为与消化性能影响的研究 [J]. 粮油食品科技，2020，28（2）：1-6.
[10] 周剑敏，卞旭，孙佳，等 . 普鲁兰多糖对籼米粉凝胶及老化特性的影响 [J]. 中国粮油学报，2020，35（5）：1-5.
[11] 黄丽，占柳菁，梁露，等 . 羟丙基二淀粉磷酸酯对鲜湿方便米粉品质的影响 [J]. 食品与机械，2016，32（7）：177-180，213.
[12] Yalcin S，Basman A. Effects of gelatinisation level，gum and transglutaminase on the quality characteristics of rice noodle [J]. International Journal of Food Science & Technology，2008，43（9）：1637-1644.
[13] 唐敏敏，洪雁，顾正彪，等 . 黄原胶对大米淀粉长期回生的影响 [J]. 食品与生物技术学报，2013，32（7）：692-697.
[14] 王玉珠，林伟锋，陈中 . 多糖类食品添加剂对大米粉黏度特性的影响研究 [J]. 食品科技，2012，37（7）：154-158.
[15] 雷婉莹，吴卫国，廖卢艳，等 . 鲜湿米粉品质评价及原料选择 [J]. 食品科学，2020，41（1）：74-79.
[16] Cham S，Suwannaporn P. Effect of hydrothermal treatment of rice flour on various rice noodles quality [J]. Journal of Cereal Science，2010，51（3）：284-291.
[17] Charutigon C，Jitpupakdree J，Namsree P，et al. Effects of processing conditions and the use of modified starch and monoglyceride on some properties of extruded rice vermicelli [J]. LWT－Food Science and Technology，2008，41（4）：642-651.
[18] 杨健，康建平，张星灿，等 . 马铃薯全粉对面条品质影响的主成分分析研究 [J]. 粮油食品科技，2019，27（1）：17-23.
[19] 李才明，陈荻，陆瑞琪，等 . 可得然胶对米粉加工及食用品质的影响 [J]. 食品科学，2021，42（16）：23-28.
[20] 杨健，张星灿，华苗苗，等 . 高抗性淀粉大米对方便米粉品质及GI的影响 [J]. 中国粮油学报，2021，36（8）：1-8.
[21] 杨健，白菊红，张星灿，等 . 新型鲜湿方便米粉二级挤压工艺的研究 [J]. 中国粮油学报，2020，35（4）：134-141.

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net