

# 小麦面筋蛋白对冷冻莜面水分分布和食用品质的影响

郝明<sup>1</sup>, 周惠明<sup>\*1,2</sup>

(1. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 2. 现代粮食流通与安全协同创新中心, 江苏 南京 210023)

**摘要:** 为了研究小麦面筋蛋白对冷冻莜面水分分布和食用品质的影响, 将小麦面筋蛋白以不同比例添加到莜麦粉中制成冷冻莜面。研究小麦面筋蛋白对莜麦粉的糊化特性的影响, 进而探究对冷冻莜面蒸煮品质、质构特性、水分状态与分布以及微观结构的影响。结果表明: 添加质量分数 10% 小麦面筋蛋白能够显著 ( $P < 0.05$ ) 降低冷冻莜面的蒸煮损失和断条率, 明显降低莜面粘连度, 可冻结水含量下降, 冷冻莜面的微观结构更加致密, 感官品质变好。

**关键词:** 冷冻莜面; 小麦面筋蛋白; 品质

中图分类号: TS 217.1 文章编号: 1673-1689(2020)04-0048-07 DOI: 10.3969/j.issn. 1673-1689.2020.04.007

## Effect of Gluten on the Moisture Distribution and Eating Quality of Frozen Oat Noodles

HAO ming<sup>1</sup>, ZHOU huiming<sup>\*1,2</sup>

(1. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. Collaborative Innovation Center for Modern Grain Circulation and Safety, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** In order to determine the effects of gluten on the eating quality and moisture distribution of frozen oat noodles, the different percentage of gluten was added into oat flour to produce frozen oat noodles. The effects of gluten on the pasting properties of oat flour, as well as cooking qualities, texture properties, water mobility and microstructure of frozen oat noodles were investigated. The results showed that the cooking loss and broken rate of frozen oat noodles with 10% gluten decreased significantly ( $P < 0.05$ ), and the adhesion decreased as well. Furthermore, frozen oat noodles with 10% gluten presented obvious crosswise gradient of water, which may lead to better eating quality. Meanwhile, gluten, especially at the level of 10%, decreased the amount of freezable water, and enhanced the density of frozen oat noodles microstructure. The sensory quality of frozen oat noodles was also improved by gluten.

**Keywords:** frozen oat noodles, gluten, quality

收稿日期: 2018-05-16

基金项目: 国家“十三五”重点研发计划项目(2016YFD0400700)。

\* 通信作者: 周惠明(1957—), 男, 博士, 教授, 主要从事主食与方便食品研究。E-mail: hmzhou@jiangnan.edu.cn

莜麦又称为裸燕麦,是一种营养丰富的杂粮,主要产地在内蒙古、河北等地。莜麦的蛋白质、维生素含量居于谷物的首位。莜麦一般需要经过炒制、制粉,然后制成食品<sup>[1]</sup>。莜面是用莜麦粉制作的面条,是人们喜爱的一种传统食品。

由于莜麦粉不含面筋蛋白,与其它杂粮一样,制成的面条品质较差。国内有学者通过挤压成型的方式改善杂粮面条品质,如魏益民等<sup>[2]</sup>利用双螺杆挤压机研究水分含量和挤压温度对荞麦和玉米面条的影响;有学者使用添加剂来改善杂粮面条的品质,如马萨日娜等<sup>[3]</sup>通过添加玉米淀粉、沙蒿胶等添加剂改善燕麦方便面的品质;赵丽芹等<sup>[4]</sup>研究了在莜麦粉中加入质量分数30%小麦粉,通过挤压、冷冻等工序,制成冷冻莜面的工艺。

为改善冷冻莜面的加工特性和食用品质,使之具有食用方便、口感好、保质期长的特点,作者研究了小麦面筋蛋白对冷冻莜面水分分布和食用品质的影响,旨在为莜面食品的工业化生产提供技术支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与试剂

莜麦粉(水分质量分数为12.31%,蛋白质质量分数为8.25%,脂肪质量分数为3.22%,灰分质量分数为0.77%);内蒙古蒙清农业科技开发有限责任公司产品;小麦面筋蛋白(水分质量分数为6.35%,蛋白质质量分数为77.76%,脂肪质量分数为0.44%,灰分质量分数为0.60%);安徽瑞福祥食品有限公司产品;异硫氰酸荧光素(FITC)、罗丹明B:美国Fluka公司产品。

### 1.2 仪器与设备

20442HP和面机:加拿大雷鸟食品机械有限公司产品;饴饴机:金汇缘食品机械有限公司产品;MDF-U5412超低温冰箱:日本三洋电器集团产品;物性测试仪:英国SMS公司产品;DSC8500差示扫描量热仪:Perkin Elmer有限公司产品;RVA4500快速黏度分析仪:瑞典Perten仪器公司产品;核磁共振分析仪:纽迈有限公司产品;LSM710激光共聚焦显微镜:德国蔡司公司产品;CM1950冰冻切片机:德国徕卡公司产品;K9840自动凯氏定氮仪:上海海能实验仪器有限公司产品。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 冷冻莜面的制作工艺流程

将0%、6%、8%、10%、12%、14%加入小麦面筋蛋白放入和面机中混合均匀,加入60℃一定量的去离子水,保证面团的水分质量分数为48.84%。和面机的转速为2 r/s,和面时间为5 min,将和好的面团放入密封容器醒发5 min,醒发好的面团放入饴饴机的挤压腔内,挤压杆下降的速度为2 cm/s,挤压好的莜面使用钢丝切断后,放入1 000 W的电炉烧开的水中。初煮至最佳蒸煮时间,捞出莜面放入5℃的冷水中冷却1 min,捞出沥干1 min。4.5号自封袋装入20根莜面,-40℃速冻,待中心温度降到-18℃后,放入-18℃冰箱冻藏待用。复煮时,将没有解冻的冷冻莜面放入微沸的去离子水中煮制60 s,期间使用筷子翻动。

**1.3.2 冷冻莜面的蒸煮损失的测定** 制作生莜面并称取100 g,用1 000 W的电炉上煮沸1 000 mL的去离子水,生莜面放入沸水中煮至最佳蒸煮时间,莜面冷却速冻后进行冻藏,收集煮莜面的汤,使用电磁炉蒸发其中的水分,使其体积下降到100 mL,冷却到室温后转移到500 mL容量瓶定容。量取100 mL定容液于250 mL已恒重的烧杯中,在红外炉上蒸发掉大部分水分后,将烧杯转移到105℃烘箱中烘至恒重。烧杯的质量增加量为 $m_1$ ,冷冻莜面的质量为 $m_2$ 。在1 000 W的电磁炉煮沸的去离子水中复热60 s后测定复煮损失,测定方法与初煮损失类似,在红外炉上蒸发掉大部分水分后,将烧杯转移到105℃烘箱中烘至恒重,烧杯的质量增加量为 $m_3$ 。 $L_1$ 为冷冻莜面的初煮损失率(%); $L_2$ 为复煮损失率(%)。按以下公式计算:

$$L_1 = \frac{5m_1}{100} \times 100\% \quad (1)$$

$$L_2 = \frac{5m_3}{m_2} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $m_1$ 为冷冻莜面初煮时烧杯质量增加量,(g); $m_2$ 为复煮的冷冻莜面的质量,(g); $m_3$ 为冷冻莜面复煮时烧杯质量增加量,(g)。

**1.3.3 冷冻莜面断条率的测定** 将生莜面使用1 000 W的电炉煮制后,捞入5℃冷水中,断裂莜面的总数为 $N_1$ ,饴饴机磨头的孔数即莜面的总数为 $N_2$ ,数出20根莜面放入4.5号自封袋,速冻后冷冻。冷冻莜面复煮60 s,断裂的莜面的总数为 $N_3$ , $B_1$ 为冷冻莜面的初煮断条率(%); $B_2$ 为复煮断条率(%)。按以下公式计算:

$$B_1 = \frac{N_1}{N_2} \times 100\% \quad (3)$$

$$B_2 = \frac{N_3}{20} \times 100\% \quad (4)$$

式中:  $N_1$  为冷冻莜面初煮时断面数, 根;  $N_2$  为初煮冷冻莜面总数, 根;  $N_3$  为冷冻莜面复煮时断面数, 根。

**1.3.4 冷冻莜面质构的测定** 参照 Luo 等<sup>[9]</sup>的方法测定冷冻莜面的质构特性。冷冻莜面复煮 60 s 后使用 A/LKB-F 探头进行物性分析, 测试速度为 1 mm/s, 测试后速度为 1 mm/s, 距离为 10 mm, 每个样品做 10 次平行。

**1.3.5 冷冻莜面的感官评价** 选择 10 名经过训练的感官评价员 (20~50 岁的男女比例为 1:1), 参考 SB/T10068-92“面条质量评价标准”从色泽、外观状态、适口性、韧性、黏性、断条和食味 7 个方面对冷冻莜面进行感官评价。

**1.3.6 莜麦粉快速黏度分析 (RVA)** 参考 GB/T 24853-2010 分别测定小麦面筋蛋白质添加质量分数分别为 0%、6%、8%、10%、12%、14% 的莜麦粉的糊化黏度<sup>[7]</sup>。

**1.3.7 冷冻莜面的可冻结水质量分数测定** 参照郑子懿<sup>[8]</sup>的方法测定冷冻莜面的可冻结水质量分数。 $H_w$  为可冻结水的焓变,  $W_1$  为冷冻莜面的可冻结水质量分数(%)。按照以下公式进行计算:

$$W_1 = \frac{H_w}{H_i \times H_w} \times 100\% \quad (5)$$

式中:  $H_w$  为冷冻莜面的熔化焓值, (J/g);  $H_i$  为纯水结冰的熔化焓值, (J/g);  $T_w$  为冷冻莜面的质量分数, (%)。

**1.3.8 冷冻莜面核磁共振成像分析(MRI)** 不同小麦面筋蛋白添加质量分数的冷冻莜面复热后, 用 2 张滤纸吸去莜面表面多余水分, 取 1 根直的复热的莜面放入 2 mL 样品瓶中, 使莜面高度不超过 3 cm, 用生料带封口, 将其放入核磁共振成像仪的线圈中, 进行测试, 然后使用伪彩软件进行图像处理。

**1.3.9 冷冻莜面的微观结构测定 (CLSM)** 参考 Silva 等<sup>[9]</sup>的方法使用激光共聚焦显微镜观察冷冻莜面的微观结构。

**1.3.10 数据处理与分析** 采用 SPSS 20 和 Origin 9.0 处理数据和绘图。

## 2 结果与分析

### 2.1 添加小麦面筋蛋白对冷冻莜面初煮和复煮的蒸煮损失的影响

蒸煮损失反映面条在煮制过程中干物质的损失, 也反映面条的糊汤程度, 是评价面条品质好坏的重要指标, 面条糊汤越严重, 蒸煮损失越大<sup>[10]</sup>。赵煜等<sup>[11]</sup>通过在马铃薯面条中添加小麦面筋蛋白的方式, 降低面条的烹煮损失率。吴港城等<sup>[12]</sup>通过添加一定量的小麦面筋蛋白到小麦面条中, 也发现面条的蒸煮品质提升。由图 1 可知, 小麦面筋蛋白的添加质量分数由 6% 增加到 10%, 冷冻莜面初煮和复煮的蒸煮损失都显著 ( $P < 0.05$ ) 下降。这可能由于添加 6% 到 10% 的小麦面筋蛋白, 吸水形成面筋网络结构, 将莜麦淀粉固定在网络结构中, 使淀粉溶出减少。当小麦面筋蛋白的添加质量分数由 10% 增加到 14% 时, 冷冻莜面初煮和复煮的蒸煮损失没有明显变化。这可能由于继续添加小麦面筋蛋白对面筋网络结构的促进效果不明显。当小麦面筋蛋白的添加质量分数为 10% 时, 冷冻莜面初煮和复煮的蒸煮损失的改良效果明显。

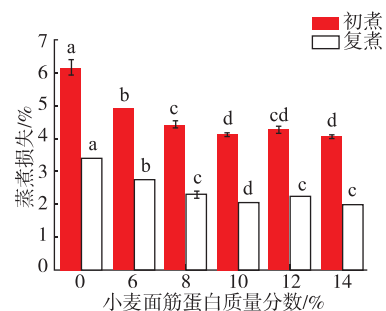


图 1 添加小麦面筋蛋白对冷冻莜面初煮和复煮的蒸煮损失的影响

Fig. 1 Effect of gluten addition on cooking loss of pre-cooking and reheating frozen oat noodles

### 2.2 添加小麦面筋蛋白对冷冻莜面初煮和复煮的断条率的影响

莜面的断条率反映莜面煮制后的碎面量, 表征莜面的品质。由图 2 可知, 小麦面筋蛋白的添加质量分数由 6% 增加到 10%, 冷冻莜面初煮和复煮的断条率都显著 ( $P < 0.05$ ) 下降。这可能由于加入适量小麦面筋蛋白, 吸水形成面筋网络结构, 冷冻莜面的结构增强, 不易断裂。当小麦面筋蛋白的添加质量分数由 10% 增加到 14% 时, 冷冻莜面初煮和复煮

的断条率没有明显变化。这可能由于继续添加小麦面筋蛋白对面筋网络结构的促进作用不明显。当小麦面筋蛋白的添加质量分数为 10% 时,冷冻莜面初煮和复煮的断条率的改良效果明显。

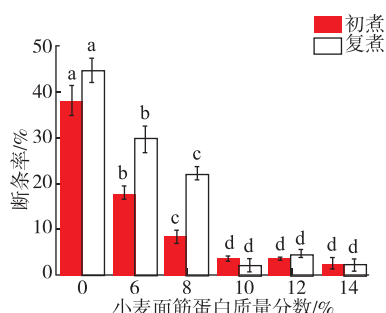


图 2 添加小麦面筋蛋白对冷冻莜面初煮和复煮的断条率的影响

Fig. 2 Effect of gluten addition on broken rate of pre-cooking and reheating frozen oat noodles

### 2.3 添加小麦面筋蛋白对冷冻莜面的复煮剪切强度的影响

利用质构仪剪切莜面来模拟咀嚼的过程,剪切强度作为评价冷冻莜面品质的又一重要指标,当小麦面筋蛋白的添加质量分数为 6% 到 8% 时,冷冻莜面的剪切强度下降,可能由于少量小麦面筋蛋白的加入,破坏淀粉的凝胶结构,所以剪切强度下降。当小麦面筋蛋白的添加质量分数为 10% 到 14% 时,冷冻莜面的剪切强度增加,可能由于小麦面筋蛋白添加质量分数增加,面筋的网络结构增强,所以冷冻莜面的剪切强度更大。添加质量分数 8%~10% 小麦面筋蛋白的冷冻莜面品质较好,与感官评价的结果相吻合。

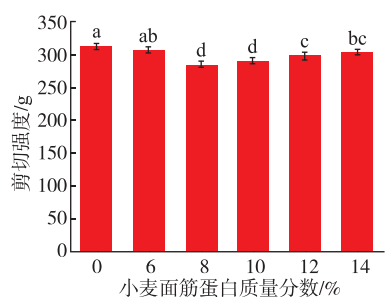


图 3 添加小麦面筋蛋白对冷冻莜面剪切强度的影响

Fig. 3 Effect of gluten addition on shear strength of frozen oat noodles

### 2.4 添加小麦面筋蛋白对冷冻莜面感官评价的影响

添加一定量的小麦面筋蛋白,面条的感官品质提升<sup>[13]</sup>。表 1 为添加小麦面筋蛋白后的冷冻莜面感

官结果。添加小麦面筋蛋白后,冷冻莜面的色泽没有明显变差,但外观状态明显变好。添加质量分数 10% 的小麦面筋蛋白,冷冻莜面的适口性提升,但是添加质量分数为 12% 到 14% 时,冷冻莜面适口性变差。添加小麦面筋蛋白后,韧性提高,黏性下降,断条率也明显下降,食味品质有所下降。加入小麦面筋蛋白后,冷冻莜面的感官结果变好。添加质量分数 10% 小麦面筋蛋白的冷冻莜面的感官评分明显高于空白组的冷冻莜面。当小麦面筋蛋白添加质量分数为 10% 到 14% 时,感官评分没有明显提高。

### 2.5 添加小麦面筋蛋白对莜麦粉糊化黏度的影响

通过 RVA 测得在加热和冷却过程中莜麦粉糊化特性的变化,莜麦粉的糊化特性与体系中淀粉颗粒的膨胀和破裂有关<sup>[14]</sup>。随着小麦面筋蛋白添加质量分数的增加,莜麦粉的峰值黏度明显减小,出峰时间提前,谷值黏度和最终黏度都明显减小。与熊柳等<sup>[15]</sup>人的研究结果一致。

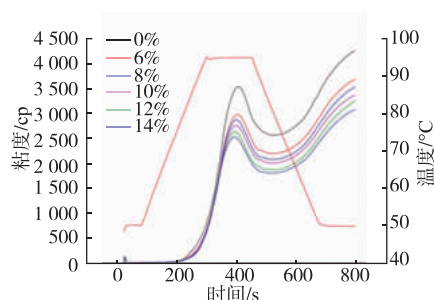


图 4 添加小麦面筋蛋白对莜麦粉糊化黏度的影响

Fig. 4 Effect of gluten addition on paste viscosity of oat flour

### 2.6 添加小麦面筋蛋白对莜面可冻结水质量分数的影响

可冻结水质量分数的测定原理是自由水和冻结束缚水结晶行为的不同,可利用 DSC 测定可冻结

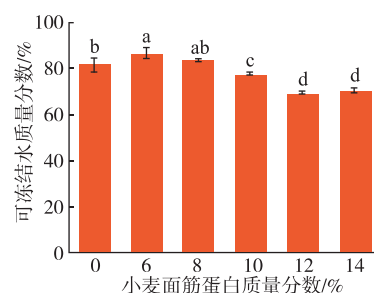


图 5 添加小麦面筋蛋白对莜面可冻结水质量分数的影响

Fig. 5 Effect of gluten addition on frozen water content of oat noodles



水质量分数<sup>[6]</sup>。可冻结水含量反映冷冻莜面中形成冰晶的水分含量,可冻结水质量分数低的冷冻莜面品质较好。小麦面筋蛋白添加质量分数为6%的冷冻莜面的可冻结水含量高于空白组。这可能由于加入少量小麦面筋蛋白破坏了原有的淀粉凝胶结构,

导致冷冻莜面的可冻结水含量上升,冷冻莜面结合水的能力下降。小麦面筋蛋白添加质量分数由6%增加到14%,冷冻莜面的可冻结水质量分数明显下降,这可能由于面筋网络结构的增强,导致冷冻莜面结合水的能力增强。

表 1 不同小麦面筋蛋白添加质量分数的冷冻莜面的感官评分表

Table 1 Sensory quality of frozen oat noodles with different contents of gluten

| 小麦面筋蛋白添加质量分数/% | 色泽                    | 表观状态                 | 适口性                   | 韧性                     | 黏性                    | 断条                   | 食味                   | 总分   |
|----------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|------|
| 0              | 9.0±0.6 <sup>ab</sup> | 6.8±0.3 <sup>d</sup> | 15.4±0.4 <sup>c</sup> | 18.6±0.6 <sup>c</sup>  | 15.3±0.4 <sup>f</sup> | 1.2±0.1 <sup>c</sup> | 4.5±0.3 <sup>a</sup> | 70.8 |
| 6              | 9.1±0.1 <sup>a</sup>  | 7.5±0.2 <sup>c</sup> | 14.1±0.2 <sup>d</sup> | 23.2±1.3 <sup>ab</sup> | 18.5±0.1 <sup>d</sup> | 1.2±0.1 <sup>c</sup> | 3.9±0.1 <sup>c</sup> | 77.5 |
| 8              | 8.8±0.1 <sup>bc</sup> | 8.2±0.1 <sup>b</sup> | 16.2±0.2 <sup>b</sup> | 22.5±0.3 <sup>b</sup>  | 17.2±0.4 <sup>e</sup> | 2.6±0.2 <sup>b</sup> | 3.8±0.1 <sup>c</sup> | 79.3 |
| 10             | 8.9±0.3 <sup>ab</sup> | 9.2±0.1 <sup>a</sup> | 17.8±0.1 <sup>a</sup> | 22.6±0.8 <sup>b</sup>  | 20.6±0.1 <sup>c</sup> | 4.4±0.1 <sup>a</sup> | 4.2±0.2 <sup>b</sup> | 87.7 |
| 12             | 8.6±0.1 <sup>c</sup>  | 9.3±0.1 <sup>a</sup> | 17.5±0.3 <sup>a</sup> | 24.5±0.1 <sup>a</sup>  | 21.5±0.3 <sup>b</sup> | 4.3±0.2 <sup>a</sup> | 3.2±0.1 <sup>d</sup> | 88.9 |
| 14             | 8.8±0.1 <sup>bc</sup> | 9.2±0.2 <sup>a</sup> | 15.2±0.1 <sup>c</sup> | 24.2±0.4 <sup>a</sup>  | 22.2±0.1 <sup>a</sup> | 4.5±0.3 <sup>a</sup> | 3.2±0.1 <sup>d</sup> | 87.3 |

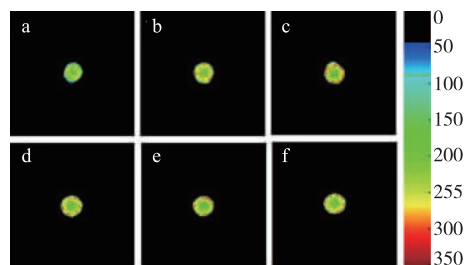
## 2.7 添加小麦面筋蛋白对冷冻莜面水分分布的影响

使用 MRI 观察冷冻莜面的水分分布,冷冻莜面的表面呈红色,表明 H 质子密度高,水分质量分数高;中心呈绿色,表明 H 质子密度低,水分质量分数低。圆形面条经过煮制后,水分分布状态为同心圆较好。国内外有学者通过 MRI 研究面团和面条的水分分布来研究面条品质的优劣。Lai 等<sup>[17]</sup>利用 MRI 技术研究了小麦面条在煮制和储藏过程中水分的迁移,发现面条的煮制时间和储存时间影响水分的迁移。Bernin 等<sup>[18]</sup>研究认为面条煮制过程中,表面到内部淀粉逐渐吸水溶胀,表面水分质量分数高,内部水分质量分数低。Irie 等<sup>[19]</sup>通过 MRI 观察不同煮

制时间的面条的水分分布情况,发现面条外表面快速吸水膨胀,水分呈现同心圆分布。未添加小麦面筋蛋白的冷冻莜面的水分扩散,水分分布无明显梯度。可能由于空白组的冷冻莜面没有面筋网络结构,淀粉形成的凝胶结构中的水分易扩散,冷冻莜面水分分布不佳,进而影响冷冻莜面口感。添加质量分数 10% 的小麦面筋蛋白,冷冻莜面水分呈现同心圆梯度分布,外层水分质量分数高,内层水分质量分数低,冷冻莜面的水分分布更好,反映在宏观品质上为不粘牙、没有明显黏连、弹性较好。这与冷冻莜面的感官结果一致。

## 2.8 添加小麦面筋蛋白对冷冻莜面的微观结构的影响

激光共聚焦显微镜能够观察食品中淀粉和蛋白质的分布及形态<sup>[20]</sup>。GUO 等<sup>[21]</sup>使用 CLSM 发现加碱促进蛋白质的交联,形成荞麦面中连续的蛋白质网络结构。图 7 中,淀粉糊化呈现片状结构,添加小麦面筋蛋白后,淀粉分布与形态图无明显变化。 $a_2$  到  $f_2$  为冷冻莜面的蛋白质分布及形态图。随着小麦面筋蛋白添加质量分数的增加,蛋白质呈现连续分布,形成良好的蛋白质网络结构。 $a_3$  到  $f_3$  为冷冻莜面的淀粉和蛋白质的复合图。从图中可以看出,添加质量分数 8% 到 10% 的小麦面筋蛋白,与空白组相比,黑色孔隙明显减少,冷冻莜面被冰晶破坏的程度减小,淀粉填充率升高,冷冻莜面微观结构更

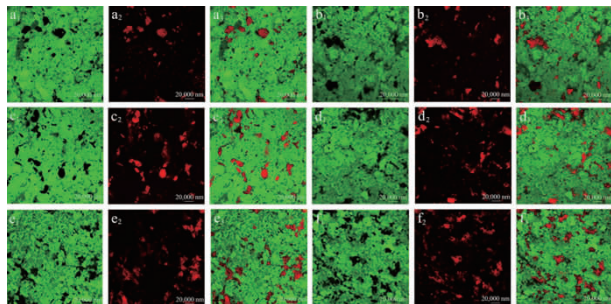


a~f 分别为小麦面筋蛋白添加质量分数为 0%,6%,8%,10%,12%,14% 的冷冻莜面。

图 6 不同小麦面筋蛋白添加质量分数的冷冻莜面的核磁共振成像图

Fig. 6 MRI of frozen oat noodles with different contents of gluten

加致密,与蒸煮损失减少和韧性弹性提高的品质相吻合。



$a_1$ ~ $f_1$  分别为小麦面筋蛋白添加质量分数 0%,6%,8%,10%,12%,14% 的切片淀粉结构; $a_2$ ~ $f_2$  分别为小麦面筋蛋白添加质量分数 0%,6%,8%,10%,12%,14% 的切片蛋白结构; $a_3$ ~ $f_3$  分别为小麦面筋蛋白添加质量分数 0%,6%,8%,10%,12%,14% 的切片复合结构。

图 7 不同小麦面筋蛋白添加质量分数冷冻莜面的激光共聚焦图

Fig. 7 CLSM of frozen oat noodles with different contents of gluten

### 3 结语

随着小麦面筋蛋白添加质量分数的增加,冷冻莜面的初煮和复煮的蒸煮损失明显下降,初煮和复煮的断条率明显下降。当添加质量分数超过 10% 时,冷冻莜面的初煮和复煮的蒸煮损失,初煮和复煮的断条率没有明显变化。添加 10% 小麦面筋蛋白的冷冻莜面质构和感官较未添加小麦面筋蛋白的冷冻莜面显著( $P<0.05$ )改善。添加 10% 的小麦面筋蛋白后,冷冻莜面熟制过程中的黏度下降,莜面的粘连程度下降;可冻结水含量下降;MRI 图像表明冷冻莜面的水分呈现同心圆梯度分布;CLSM 图像表明冷冻莜面中黑色孔隙少,冰晶破坏小,微观结构致密。这些内在结构与主要组分的变化均表明冷冻莜面品质提升。

### 参考文献:

- [1] LIU Y, HSIEH F, HEYMANN H, et al. Effect of process conditions on the physical and sensory properties of extruded oat-corn puff[J]. *Journal of Food Science*, 2000, 65(7): 1253-1259.
- [2] WEI Yiming, ZHANG Mingjing, WANG Feng, et al. Study on the extrusion process of buckwheat and corn noodles[J]. *Journal of the Chinese Cereal and Oils Association*, 2004(06): 39-42. (in Chinese)
- [3] MA Sarina, ZHANG Meili, LIN Rui. Research on process improvement of instant noodles quality of oats [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2011, 26(07): 103-107. (in Chinese)
- [4] ZHAO Liqin, LIU Lina, GUO Qihui. Reaserach on frozen oat noodles[J]. *Food Science and Technology*, 2005, 13(6): 39-40. (in Chinese)
- [5] ROMBOUTS I, JANSSENS K J A, LAGRAIN B, et al. The impact of salt and alkali on gluten polymerization and quality of fresh wheat noodles[J]. *Journal of Cereal Science*, 2014, 60(3): 507-513.
- [6] LUO L J, GUO X N, ZHU K X. Effect of steaming on the quality characteristics of frozen cooked noodles[J]. *LWT-Food Science and Technology*, 2015, 62(2): 1134-1140.
- [7] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 24853-2010 小麦、黑麦及其粉类和淀粉糊化特性测定 快速黏度仪法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2010.
- [8] 郑子懿. 冷冻莜面在储藏期间的品质变化研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2013.
- [9] SILVA E, BIRKENHAK M, SCHOLTEN E, et al. Controlling rheology and structure of sweet potato starch noodles with high broccoli powder content by hydrocolloids[J]. *Food Hydrocolloids*, 2013, 30(1): 42-52.
- [10] FU Lei, TIAN Jichun, SHENG Feng, et al. Effect of resistant starch on noodle processing quality [J]. *Journal of the Chinese Cereals and Oils Association*, 2011, 26(1): 20-24. (in Chinese)
- [11] ZHAO Yu, PENG Tao, ZHANG Xiaoyan, et al. Study on new product of potato staple food noodles[J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2016, 37(07): 232-236. (in Chinese)
- [12] WU Gangcheng, ZHANG Min, WANG Yuchuan, et al. High-quality noodles recipe optimization[J]. *Journal of Food science and Biotechnology*, 2015, 34(02): 215-223. (in Chinese)

- [13] BAIK B K, CZUCHAJOWSKA Z, POMERANZ Y. Role and contribution of starch and protein contents and quality to texture profile analysis of oriental noodles.[J]. **Cereal Chemistry**, 1994, 71(4):315-320.
- [14] DING S Y, YANG J. The influence of emulsifiers on the rheological properties of wheat flour dough and quality of fried instant noodles[J]. **LWT – Food Science and Technology**, 2013, 53(1):61-69.
- [15] XIONG Liu, ZHANG Zhaoli, LV Chuanping, et al. Effects of gluten on pasting and texture properties of different starches[J]. **Journal of the Chinese Cereals and Oils Association**, 2010, 25(11):29-32. (in Chinese)
- [16] 魏益民, 张波, 陈锋亮. 食品挤压理论与技术(下卷) [M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2011.
- [17] LAI H M, HWANG S C. Water status of cooked white salted noodles evaluated by MRI[J]. **Food Research International**, 2004, 37(10):957–966.
- [18] BERNIN D, STEGLICH T, RODING M, et al. Multi-scale characterization of pasta during cooking using microscopy and real-time magnetic resonance imaging[J]. **Food Research International**, 2014, 66(4):132-139.
- [19] IRIE K, KAWAHARA T, HIRAUCHI T, et al. Analysis of moisture distribution and texture of quick boil spaghetti[J]. **LWT– Food Science and Technology**, 2017, 80.
- [20] DURRENBERGER M B, HANDSCHIN S, CONDE-PETIT B, et al. Visualization of food structure by confocal laser scanning microscopy (CLSM)[J]. **LWT – Food Science and Technology**, 2001, 34(1):11-17.
- [21] GUO X N, WEI X M, ZHU K X. The impact of protein cross-linking induced by alkali on the quality of buckwheat noodles[J]. **Food Chemistry**, 2017, 221:1178-1185.

## 会 议 消 息

### 中国化学会第十三届全国天然有机化学学术会议

会议时间: 2020年9月27–29日

会议地点: 河南省新乡市

主 办 方: 中国化学会有机化学学科委员会

共同主办: 河南师范大学

承 办 方: 河南师范大学

会议主题: 天然产物化学与药物化学

大会主席: 岳建民

预计规模: 1200人

联 系 人: 辛鹏洋

电子邮箱: pyxin27@163.com

电 话: 18637338602

会议内容: 1、发现生物活性新天然产物的策略与方法研究; 2、重要生物活性的天然产物发现与生物活性研究; 3、以新药和新农药研发为导向的天然产物合成研究; 4、以资源型天然产物合理利用为导向的天然产物合成研究; 5、天然产物生物合成与合成生物学研究。