

# 不同多糖对发酵空心挂面品质的影响

胡志远, 刘翀\*, 郑学玲

(河南工业大学粮油食品学院, 河南郑州 450001)

**摘要:** 酵母发酵空心挂面是一种新型的工业化挂面产品, 具有营养丰富、风味独特等特点, 但尚存在干挂面韧性差和易断条、熟面条弹性不足等问题亟待解决。该文研究了瓜尔豆胶、黄原胶、海藻酸钠、羧甲基纤维素钠、魔芋粉 5 种常用多糖对发酵空心挂面微观结构、力学性质、蒸煮特性、质构品质和感官品质的影响。结果表明: 与对照相比, 单独添加 0.1% 瓜尔豆胶、海藻酸钠、羧甲基纤维素钠和魔芋粉时, 挂面的蒸煮损失率从 6.5% 分别降低到 5.8%、5.7%、5.3% 和 5.9%; 添加 0.5% 黄原胶时, 干挂面的面体更加致密, 面条的最佳蒸煮时间增长了 1.25 min, 蒸煮损失减少了 0.41%, 干挂面的抗断裂强度和柔韧性、熟挂面的弹性、咀嚼性和拉伸力分别提高了 31.06%、49.79%、24.87%、61.62% 和 77.73%, 此添加量下的面条的食用品质最佳, 感官评价得分 89 分。5 种多糖均显著改善了发酵空心挂面的柔韧性, 及煮后挂面的弹性、咀嚼性和拉伸特性, 其中黄原胶对发酵空心挂面的微观结构、力学性质、蒸煮特性、质构品质和感官品质改良效果较好。

**关键词:** 多糖; 发酵空心挂面; 微观结构; 蒸煮特性; 质构特性; 力学特性; 感官品质

文章编号: 1673-9078(2022)05-226-234

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2022.5.0870

## Effects of Different Polysaccharides on the Quality of Fermented Hollow Dried Noodles

HU Zhiyuan, LIU Chong\*, ZHENG Xueling

(College of Grain, Oil and Food, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** The hollow dried noodle fermented by yeast is a new type of industrialized dried noodle product, which has the characteristics of rich nutrition and unique flavor. However, there are still some problems to be solved, such as poor toughness, easy breaking and insufficient elasticity of cooked noodles. In this paper, the effects of five commonly used polysaccharides, namely guar gum, xanthan gum, sodium alginate, sodium carboxymethyl cellulose and konjac flour, on the microstructure, mechanical properties, cooking characteristics, textural quality and sensory quality of fermented hollow noodles were investigated. The results showed that when 0.1% guar gum, sodium alginate, sodium carboxymethyl cellulose and konjac flour were added alone, the cooking loss of the noodles decreased from 6.5% to 5.8%, 5.7%, 5.3% and 5.9%, respectively, compared with the control; when 0.5% xanthan gum was added, the dried noodles were denser, the optimal cooking time of the noodles increased by 1.25 min, the cooking loss decreased by 0.41%. The noodles at this added amount of xanthan gum had the best edible quality, with a sensory evaluation score of 89. The five polysaccharides all significantly improved the flexibility of dried noodles and the elasticity, chewiness and tensile properties of the cooked noodles. Among them, xanthan gum was more effective in improving the microstructure, mechanical properties, cooking characteristics, textural and sensory quality of the fermented hollow dried noodles.

**Key words:** polysaccharides; fermented hollow dried noodles; microstructure; cooking properties; texture properties; mechanical properties; sensory quality

引文格式:

胡志远, 刘翀, 郑学玲. 不同多糖对发酵空心挂面品质的影响[J]. 现代食品科技, 2022, 38(5): 226-234

HU Zhiyuan, LIU Chong, ZHENG Xueling. Effects of different polysaccharides on the quality of fermented hollow dried noodles [J]. Modern Food Science and Technology, 2022, 38(5): 226-234

收稿日期: 2021-08-09

基金项目: 河南省科技攻关项目 (212102110079); 河南工业大学自然科学基金创新基金一般项目基金项目 (2020ZKJ12)

作者简介: 胡志远 (1996-), 男, 研究生, 研究方向: 淀粉加工理论技术, E-mail: 771699470@qq.com

通讯作者: 刘翀 (1978-), 男, 博士, 副教授, 研究方向: 淀粉加工理论技术, E-mail: liuachong@haut.edu.cn

面条是我国传统食品,在我国已经有不少于4000多年的历史<sup>[1]</sup>。国内常见的面条制品主要是挂面、生鲜面和方便面三大类,其中挂面产量最大且销售范围最广,在面制品中占了很大的比重<sup>[2]</sup>。但是现如今的挂面种类和口味单一,已经不能满足现如今消费者对健康营养的面条的需求。

目前,市场上涌现出一些营养型挂面、特殊风味挂面、功能型挂面等创新型和品质优良的新型挂面。发酵风味空心面条(空心面)就是其中一种,其外表凹凸不平,内有银丝般的细孔,也被称为中国传统的手工拉伸挂面。传统空心挂面的制作工艺繁琐,主要为小作坊的手工生产为主<sup>[3]</sup>。因此,传统手工空心面条的生产不能满足市场需求,且质量难以保证。现如今已有一些企业使用现代压面机生产空心面条,极大地提高了空心面的产量和稳定性。与内部为紧密结构的普通挂面相比,空心挂面在生产过程中经发酵会形成多孔结构<sup>[4]</sup>,在蒸煮过程中更易吸水入味。同时空心挂面还有易消化、易吸收、柔软可口、味道鲜美和营养物质丰富等令人愉快的食用品质,这些品质也使其成为了幼儿、老人、病人以及产妇喜爱的方便食品<sup>[5,6]</sup>。但这种多孔结构空心挂面存在加工、储藏和运输过程易断条,蒸煮易劈条、蒸煮损失大,口感弹性偏差等缺陷。而且面条发酵过程中产生有机酸降低pH,会弱化面筋蛋白结构、降低面条的品质<sup>[4]</sup>。

多糖作为一种典型的食品改良剂,常用于米面制品的生产制作中<sup>[7,8]</sup>,多糖通过其分子中的亲水基团与水、蛋白质、淀粉等分子发生作用,交叉贯穿面筋网络,来改善面制品的品质<sup>[9]</sup>。研究表明瓜尔豆胶、黄原胶、海藻酸钠、羧甲基纤维素钠、魔芋粉等多糖添加到面制品中可以有效地降低面条蒸煮损失和吸水率<sup>[10,11]</sup>。研究表明多糖还可以改善面团的加工性能,添加在冷冻面团和半烘焙面包中可以防止在它们冷冻过程中面筋结构被破坏<sup>[12]</sup>。目前,国内外关于多糖对面条品质影响的研究多集中于生鲜面和普通挂面品质的改良,对于改善发酵风味挂面品质的研究还鲜有报道。本文通过添加不同类型多糖制作发酵空心挂面,研究其对发酵空心挂面的力学性质、蒸煮和质构品质的影响,以期改善发酵风味挂面的品质,为生产柔韧性强、蒸煮损失小、弹性好的高品质发酵风味挂面的提供技术参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

金龙鱼多用途麦芯小麦粉益海嘉里(成都)粮食

工业有限公司;食盐、瓜尔豆胶、黄原胶、海藻酸钠、羧甲基纤维素钠、魔芋粉等均为食品级河南万邦化工科技有限公司;燕子即发酵母广西丹宝利酵母有限公司。

### 1.2 主要仪器和设备

JJ-4A 四联电动搅拌机,金坛市佳美仪器有限公司;TA-XT 型质构仪,英国 Stable Micro Systems 公司;JMTD166/182 型试验面条机,北京东方孚德技术发展中心;SYT-030 智能挂面干燥试验台,中国包装和食品机械有限公司;JHMZ 针式和面机,北京东孚久恒仪器技术有限公司;SPX 生化培养箱,北京鑫润科诺仪器仪表有限公司;LG-01 一两装高速中药粉碎机,浙江省瑞安市百信制药机械有限公司。Quanta 250 FEG 扫描电镜,美国 FEI 公司。

### 1.3 方法

#### 1.3.1 空心挂面的制作

参照 Xiong 等<sup>[13]</sup>方法稍作修改,称取 200 g 小麦粉、34%蒸馏水(以面粉重量为基准)、1%酵母、0.1%、0.3%、0.5%的多糖和 0.5%盐加入针式和面机和面 7 min,将和好的面絮放入自封袋,在 30 °C SPX 生化培养箱中醒发 30 min,在压面机 3.2 mm 扎距下复合压延四道,在经过 8 道单向压延,制成厚 1.2 mm,宽 3 mm 的面条。将面条放入智能挂面干燥试验台中干燥,各阶段干燥参数为:预干燥(35 °C, 88%湿度, 102 min)、主干燥(38 °C、75%湿度、165 min, 38 °C、68%湿度、80 min)、完成干燥(32 °C、65%湿度、70 min)。

#### 1.3.2 挂面微观结构的测定

参照熊小青等<sup>[14]</sup>的方法并稍作修改,将长 0.5 cm 的挂面样品的截面使用双面胶带固定,立在铝片上,并进行喷金操作,然后在 10 kV 的加速电压下观察。显微照片以 120 倍放大倍数拍摄。

#### 1.3.3 干挂面力学特性测定

参照张蕴华等<sup>[15]</sup>的方法并稍作修改在制备好的发酵挂面样品中取出粗细均匀、平直的面条,截成 180 mm 的长度,利用 TA-XT 质构仪,采用质构仪的压缩模式对挂面的断裂力和下压距离进行测定,选择 A/SFR 型探头向下挤压,直至挂面被折断,每个样品测量 15 次。测定参数按照测前速度:1 mm/s;测中速度:1 mm/s;测后速度:1 mm/s;下压距离:20 mm;触发力 Auto-10 g。试验结果为除去最大和最小试验值得平均值。

#### 1.3.4 挂面蒸煮品质的测定

### 1.3.4.1 最佳蒸煮时间的测定

参照 Yao 等<sup>[16]</sup>的方法并稍作修改,取 20 根约 10 g 面条,放入 500 mL 沸水中计时蒸煮,从 5 min 后每隔 30 s 取出一根面条放入两块载玻片中挤压,当挤压面条中白芯消失时即达到最佳蒸煮时间。

### 1.3.4.2 蒸煮损失率和干物质吸水率的测定

参照刘健飞等<sup>[17]</sup>的方法并稍作修改,取约 10 g 的面条并记录准确数字,放入 500 mL 的沸水中测定,隔一段时间用载玻片挤压面条直至面条没有白芯为止,将煮好的面条捞出,放入 300 mL 的冷水中静置 30 s,然后放在滤纸上吸水晾置 5 min 称重,将面汤和冷水倒入 1000 mL 的容量瓶中定容。

$$\text{干物质吸水率} / \% = \frac{m_1 - m_0}{m_0 \times (1 - w)} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{蒸煮损失率} / \% = \frac{m \times 20}{m_0 \times (1 - w)} \times 100\% \quad (2)$$

其中:

$m_1$ —煮后面条质量, g;

$m_0$ —煮前面条质量, g;

$m$ —50 mL 面汤干物质质量, g;

$w$ —干面条水分含量, %。

## 1.3.5 煮熟挂面质构和拉伸特性测定

### 1.3.5.1 煮熟挂面质构特性测定

面条 TPA 试验质构的测定方法参照崔晚晚等<sup>[18]</sup>方法并进行修改。选择 HDP/PFS 型探头,测定参数按照测前速度: 2 mm/s,测中速度: 0.8 mm/s,测后速度: 0.8 mm/s,触发力: Auto-10.0 g,压缩程度: 75%,两次压缩时间间隔: 5 s,以硬度、黏附性、内聚性、弹性、黏结性、回复性和咀嚼性作为 TPA 实验分析参数,每个试样作 6 次平行实验,去掉最大、最小值后求平均值。

### 1.3.5.2 煮熟挂面拉伸特性测定

面条拉伸试验:实验采用质构仪 A/SPR 型探头,测定参数按照测前速度: 2 mm/s,测中速度: 2 mm/s,测后速度: 10 mm/s,最大拉伸距离: 120 mm,起始距离: 20 mm,触发力: Auto-5.0 g,每个试样作 6 次平行实验,去掉最大、最小值后求平均值。

## 1.3.6 感官评价

5 名感官评价人员对发酵挂面进行感官评价,感官评价打分原则参照 GB/T 35875-2018 并稍作修改,见表 1,将 5 人的打分结果取平均数作为样品的最终得分。

## 1.4 数据处理

试验数据以 3 次平行实验的平均值±标准差表示,使用 SPSS 25 软件对数据进行分析和使用 Origin 2017 对数据进行分析。

表 1 发酵挂面感官评价标准

Table 1 Sensory evaluation criteria of fermented dried noodles

项目	满分/分	评分标准	得分/分
色泽	10	面条颜色乳白、奶黄色,光亮	8~10
		面条颜色正常,亮度一般	6~8
		颜色发暗、发灰,亮度差	1~6
外观状态	10	表面结构均匀、光滑,	8~10
		表面结构均匀但有破损,较光滑	6~8
		表面粗糙、变形严重,不光滑	1~6
软硬度	20	咬断力用力适中	16~20
		稍偏硬或偏(适口性)软	12~16
		太硬或太软	1~12
粘弹性	30	不粘牙、有咬劲、富有弹性	24~30
		微粘牙,弹性略低	18~24
		不爽口、粘牙、咬劲差	1~18
爽滑性	20	口感爽滑	16~20
		较爽滑	12~16
		爽滑性差	1~12
食味	10	具有发酵清香味,无异味	8~10
		基本无异味	5~8
		有异味	1~5

## 2 结果与分析

### 2.1 不同多糖对发酵空心挂面微观结构的影响

图 1 为不同多糖对空心挂面微观结构的影响。由图可得,添加不同多糖的干挂面与对照组挂面样品的截面中心都有孔洞,是典型的发酵空心挂面;瓜尔胶、黄原胶、海藻酸钠和羧甲基纤维素钠的挂面样品随添加量的增加,其横截面中的孔洞逐渐减少;其中添加瓜尔胶的挂面样品的面体厚度先增加后减小,在添加量为 0.5% 时,面体的孔洞明显减少且面体的结构致密,这可能是多糖加入后,促进面筋网络连续结构的发展,增强了面团强度,同样酵母发酵力下,产生的气孔数量减小或者尺寸变小,导致面条更紧密。与 Pongpichaiudom 等<sup>[19]</sup>研究结果一致,他们研究发现与不添加亲水胶体的样品相比,添加 2% 瓜尔胶使方便面的横截面图呈现更密集连续相;与对照组相比,添加魔芋粉的挂面样品的孔洞并没有明显的变化,在 0.1% 添加量时,面体的厚度减小,其他两个梯度对面体的厚度影响不明显。

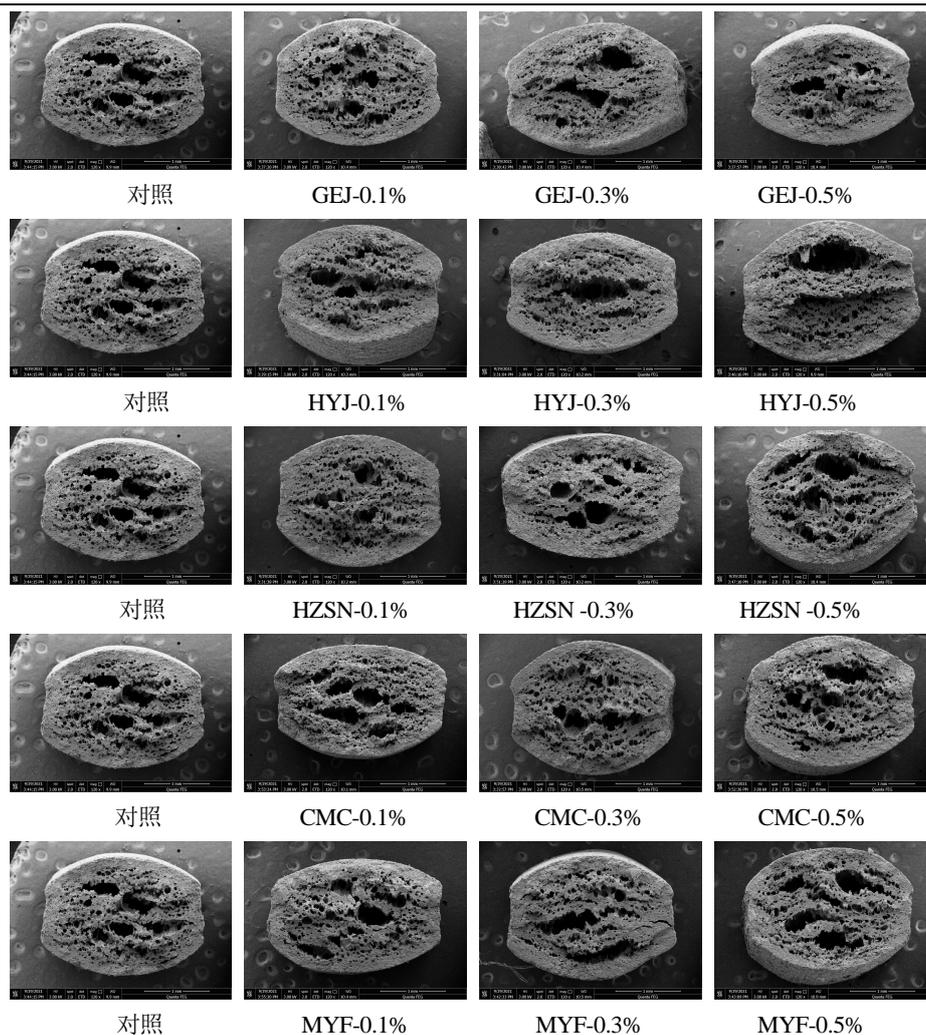


图1 多糖类型和添加量对挂面微观结构的影响

Fig.1 Effect of polysaccharide type and addition amount on microstructure of fine dried noodles

注：不同小写字母表示同一多糖不同添加量的指标具有显著性差异，( $p < 0.05$ )；图 2、3、4 同；GEJ、HYJ、HZSN、CMC、MYF 分别表示瓜尔胶、黄原胶、海藻酸钠、羧甲基纤维素钠、魔芋粉；下面的图和表相同。

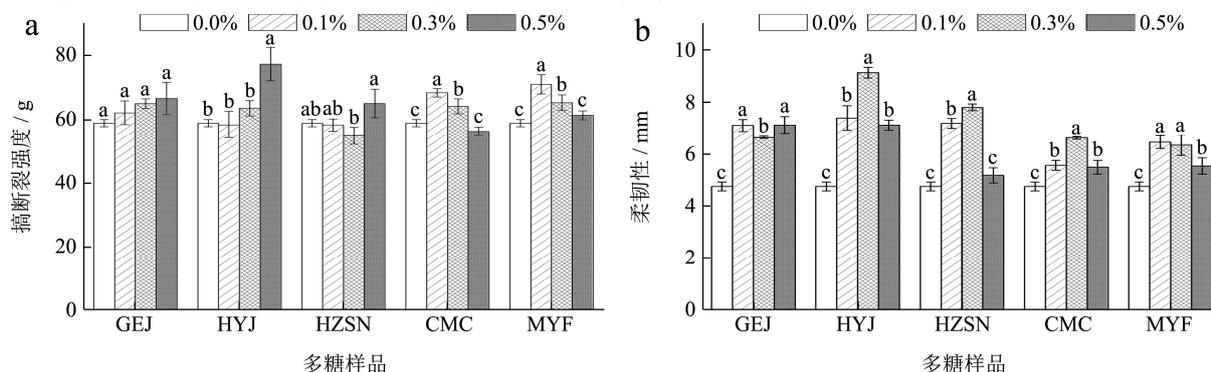


图2 多糖类型和添加量对发酵空心挂面力学特性的影响

Fig.2 Effects of polysaccharide types and addition amount on mechanical properties of fermented hollow dried noodles

## 2.2 不同多糖对发酵空心挂面力学特性的影响

图2为不同多糖对发酵空心挂面的力学特性的影响。如图2a所示，与对照相比，在添加单一类型多糖时，添加0.5%黄原胶，0.1%羧甲基纤维素钠和魔芋粉

时，干挂面抗断裂强度显著增加 ( $p < 0.05$ )；干挂面抗断裂强度在添加0.5%黄原胶时最强为77.35 g，添加0.3%的海藻酸钠抗断裂强度最弱为54.96 g，这主要与挂面的内部结构有关，面条内部不均匀的孔洞和面体的厚度都会影响挂面的折断所需的力。另外，添加

0.1%或0.3%黄原胶, 0.5%羧甲基纤维素钠或魔芋粉, 0.1%、0.3%或0.5%瓜尔胶和海藻酸钠时, 干挂面的抗断裂强度没有显著变化, 且不同添加量下无显著性差异。

如图 2b 所示, 与对照相比, 添加多糖的干挂面柔韧性均显著大于对照组 ( $p < 0.05$ ), 添加黄原胶挂面的柔韧性均高于其他多糖的, 且 0.3%黄原胶挂面的柔韧性最大为 9.12 mm, 这一结果与姚丹丹等<sup>[20]</sup>对于普通挂面的研究结果一致, 研究发现 0.3%添加量下的黄原胶对抗弯折能力提升作用最大; 随着黄原胶、海藻酸钠和羧甲基纤维素钠添加量的增加, 干挂面的柔韧性呈现先升高后降低的趋势, 均在 0.3%添加量时达到最大值, 如上所述, 这是由于不同多糖对于挂面内部结构影响不同造成的。综合 5 种多糖对干挂面抗断裂强度和柔韧性的影响, 添加 0.5%黄原胶对干挂面抗断裂强度和柔韧性改善效果较好。

### 2.3 不同多糖对发酵空心挂面蒸煮品质的影响

图 3 为不同类型多糖对发酵空心挂面的最佳蒸煮时间、蒸煮损失和干物质吸水率的影响。如图 3a 所示, 添加多糖的面条最佳蒸煮时间均显著高于对照组 ( $p < 0.05$ ), 在相同添加量下, 添加黄原胶的面条最佳蒸煮时间高于添加其他多糖的面条, 且添加 0.5%黄原胶的面条样品最佳蒸煮时间最长为 9.5 min。

不同多糖对发酵空心挂面蒸煮损失的影响如图 3b 所示。与对照相比, 添加 0.1%~0.5%瓜尔豆胶时, 面条的蒸煮损失显著降低 ( $p < 0.05$ ), 且不同比例间无显著性差异; 在 0.1%~0.3%的添加量下, 海藻酸钠、羧甲基纤维素钠和魔芋粉 3 种多糖均使面条的蒸煮损失率显著降低 ( $p < 0.05$ ), 其中添加 0.1%羧甲基纤维素钠的挂面蒸煮损失率最小; 添加 0.5%的羧甲基纤维素钠和 0.1%~0.5%黄原胶降低了面条的蒸煮损失, 但没有显著影响。这种现象与 Silva 等<sup>[21]</sup>对于未发酵的花色面条研究结果一致, 他们发现添加刺槐豆胶、瓜尔豆胶、魔芋葡甘聚糖、羟丙基甲基纤维素和黄原胶会使西蓝花面条的蒸煮损失率降低。

图 3c 为不同多糖对发酵空心挂面干物质吸水率的影响。与对照相比, 在添加单一类型多糖时, 0.1%或 0.3%黄原胶和海藻酸钠, 0.1%瓜尔豆胶或羧甲基纤维素钠使面条的干物质吸水率显著降低 ( $p < 0.05$ ); 0.5%海藻酸钠或魔芋粉使面条的干物质吸水率显著升高 ( $p < 0.05$ )。添加 0.5%黄原胶或海藻酸钠, 0.3%或 0.5%瓜尔豆胶和羧甲基纤维素钠, 及 0.1%或 0.3%魔芋粉时, 面条的干物质吸水率无显著变化。综合 5 种多糖的 3 个添加量对发酵空心挂面蒸煮品质的影

响, 在确保低添加量且效果良好的前提下, 0.1%魔芋粉对发酵空心挂面整体蒸煮品质的改善效果较好。

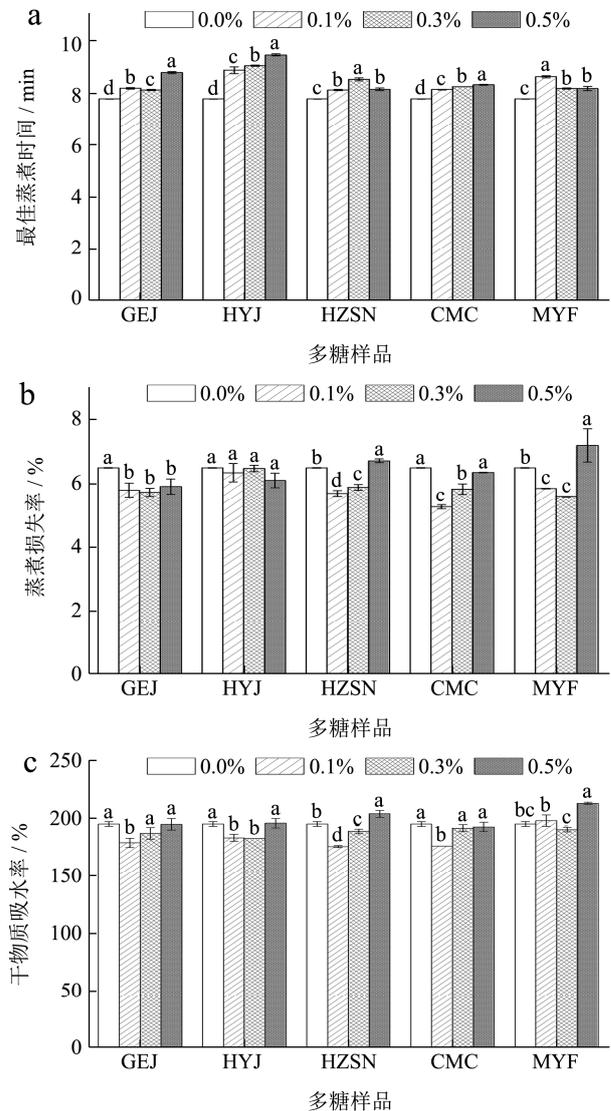


图 3 多糖类型和添加量对发酵空心挂面蒸煮特性的影响

Fig.3 Effects of polysaccharide types and addition amount on cooking properties of fermented hollow dried noodles

### 2.4 不同多糖对发酵空心挂面质构特性的影响

图 4 为不同多糖对发酵空心挂面质构特性的影响。如图 4a 所示, 与对照相比, 在添加单一类型多糖时, 瓜尔胶和羧甲基纤维素钠添加量为 0.1%或 0.3%, 海藻酸钠和魔芋粉添加量为 0.3%, 黄原胶添加量为 0.1%~0.5%时, 面条的煮后硬度显著增加 ( $p < 0.05$ ), 其中添加瓜尔胶、黄原胶、海藻酸钠和魔芋粉的面条煮后的硬度随添加量的增加先增加后减小, 均在 0.3%的添加量下达到最大值。Rafiq 等<sup>[22]</sup>研究发现添加 0.3%瓜尔胶或黄原胶的凝胶作用能增强马蹄粉面条的结构, 显著增加了马蹄粉面条的硬度。5 种多糖在相同添加量下, 添加黄原胶面条的煮后硬度高于其他

多糖, 添加 0.3% 黄原胶的煮后面条硬度最大为 9108.58 g。与 Silva 等<sup>[21]</sup>报道黄原胶可以通过其极性

基团和面筋的肽链之间相互作用来增强西蓝花面条的强度和硬度的结果一致。

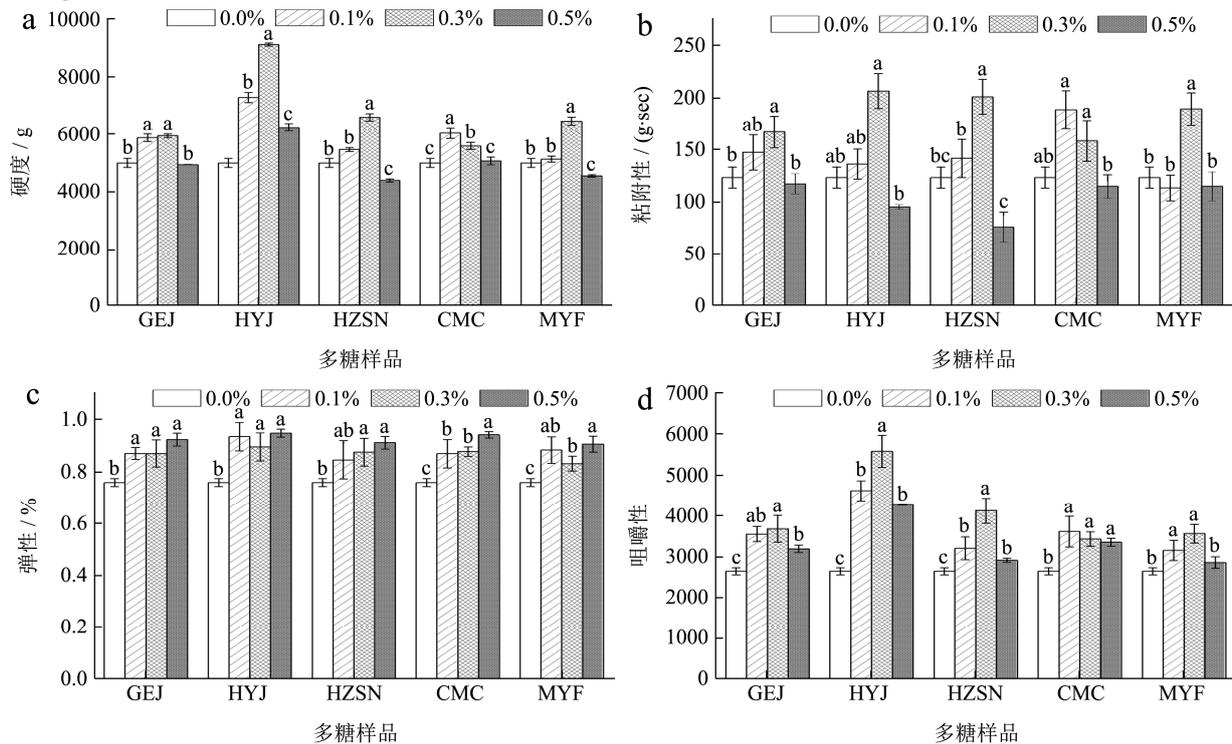


图4 多糖类型和添加量对发酵空心挂面质构特性的影响

Fig.4 Effects of polysaccharide types and addition amount on texture properties of fermented hollow dried noodles

如图 4b 所示, 与对照相比, 瓜尔胶、黄原胶、海藻酸钠和魔芋粉添加量为 0.3%, 羧甲基纤维素钠添加量为 0.1% 或 0.3% 时, 面条煮后的粘附性显著增加 ( $p < 0.05$ ); 添加 0.1% 或 0.5% 的瓜尔胶、黄原胶、海藻酸钠或魔芋粉时, 煮后面条的粘附性低于对照但不显著, 其中添加 0.5% 的海藻酸钠时, 面条的煮后粘附性最小为 75.86 g·sec。

甲基纤维素钠的发酵空心挂面的咀嚼性随添加量增加逐渐降低。综合 5 种多糖对发酵空心挂面的质构特性的影响, 添加 0.5% 的黄原胶使发酵空心挂面煮后的硬度、爽滑性、弹性和咀嚼性显著增强, 能更好的改善发酵空心挂面的质构品质。

如图 4c 所示, 5 种多糖在 0.1%、0.3% 和 0.5% 3 个添加量下, 煮后面条的弹性显著高于对照组 ( $p < 0.05$ ); 随着添加量的增加, 添加瓜尔胶、海藻酸钠和羧甲基纤维素钠的面条煮后弹性增加, 添加魔芋粉和黄原胶的面条煮后弹性先下降后升高。5 种多糖均在 0.5% 添加量下使发酵空心挂面煮后弹性达到最大值, 最大值分别为 0.92、0.94、0.91、0.93 和 0.90。Hong 等<sup>[10]</sup>在青稞小麦面条制作中也发现类似现象, 海藻酸钠添加量为 0.5% 时, 面条的弹性从 0.83 增加到 0.88, 增加了 6.03%。

### 2.5 不同多糖对发酵空心挂面拉伸特性的影响

如图 4d 所示, 5 种多糖在 0.1%、0.3% 和 0.5% 3 个添加量下的面条煮后的咀嚼性显著高于对照组 ( $p < 0.05$ )。随添加量的增加, 添加瓜尔胶、黄原胶、海藻酸钠和魔芋粉的面条煮后咀嚼性先增加后降低, 且 4 种多糖都在 0.3% 添加量下达到最大值, 最大值分别为 3680.91、5573.74、4123.56 和 2556.58。添加羧

图 5 为不同多糖对发酵空心挂面拉伸特性的影响。如图 5a 所示, 与对照相比, 在添加单一类型多糖时, 添加 0.1% 瓜尔胶, 0.1% 或 0.5% 黄原胶时, 面条煮后的拉断力显著增加 ( $p < 0.05$ ), 且添加 0.5% 黄原胶的面条拉断力远远高于其他多糖, 其拉断力为 89.22 g, 这可能是黄原胶的亲水成分与面粉中的蛋白和淀粉的相互作用改善了面条的结构, 增强了面条的拉断力<sup>[23]</sup>; 这一结果与前人研究多糖对面条的拉伸的影响相似; Pan 等<sup>[24]</sup>也证实添加黄原胶会最大程度的改善面条的质构特性; Pongpichaiudom 等<sup>[19]</sup>研究发现在富含蛋白质的方便面中添加 2 g 的黄原胶可以让方便面获得最大的拉断力; 刘倩等<sup>[25]</sup>也报道在相同的冻藏时间下, 添加黄原胶的面条拉断力明显增大, 其中最大增加了 49.54%。海藻酸钠、魔芋粉的添加量为 0.1% 或 0.3%, 羧甲基纤维素钠的添加量为 0.1%、0.3% 或 0.5% 时, 面条煮后拉断力无显著变化; 而 0.5% 海藻酸钠或

魔芋粉使面条煮后的拉断力显著降低 ( $p<0.05$ )。

如图 5b 所示, 与对照相比, 黄原胶和魔芋粉添加量为 0.3%, 瓜尔胶添加量为 0.1% 或 0.5%, 海藻酸钠添加量为 0.1% 或 0.3%, 羧甲基纤维素钠添加量为 0.1%、0.3% 或 0.5% 时, 面条煮后的拉断距离均显著增加 ( $p<0.05$ )。海藻酸钠在 0.5% 添加量时, 面条煮后的拉断距离显著降低 ( $p<0.05$ ); 随添加量的增加, 黄原胶、海藻酸钠、羧甲基纤维素钠和魔芋粉使面条煮后的拉断距离先增加后降低, 且均在 0.5% 添加量下达到最小值, 最小值分别为 45.16、35.71、50.94 和 45.87 mm。这表明添加过量的多糖会缩小发酵空心挂面煮后的拉断距离, 4 种多糖均属于亲水胶体, 由于亲水胶体本身的高亲水性, 在面团形成过程中会与小麦蛋白质和淀粉竞争吸水, 进而破坏面筋网络结构的形成, 导致面筋对淀粉粒的包裹作用降低, 从而会降低面条的延伸性。与 Pongpichaiudom 等<sup>[19]</sup>报道过多添加亲水胶体可降低面条的延伸性的结果一致。综合 5 种多糖对发酵空心挂面的拉伸特性的影响, 0.5% 黄原胶显著增强了发酵空心挂面煮后的拉断力, 对发酵空心挂面煮后的抗拉伸特性具有较好的改善效果。

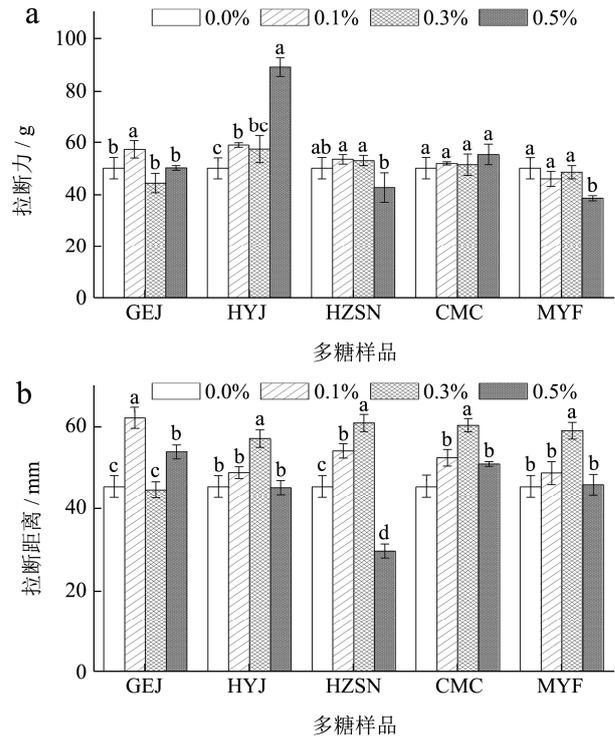


图 5 多糖类型和添加量对发酵空心挂面拉伸特性的影响

Fig.5 Effects of polysaccharide types and addition amount on tensile properties of fermented empty-inside dried noodles

表 2 多糖类型和添加量对发酵空心挂面感官品质的影响

Table 2 Effects of polysaccharide types and addition amount on sensory quality of fermented empty-inside dried noodles

因素	添加量/%	色泽	表观状态	软硬度	粘弹性	爽滑性	食味	总分
GEJ	0.0	7.9±0.1 <sup>b</sup>	8.0±0.1 <sup>c</sup>	17.2±0.4 <sup>a</sup>	23.1±0.1 <sup>c</sup>	16.3±0.2 <sup>b</sup>	9.0±0.1 <sup>a</sup>	81.6±0.6 <sup>bc</sup>
	0.1	8.2±0.1 <sup>a</sup>	8.4±0.1 <sup>a</sup>	16.2±0.4 <sup>b</sup>	25.4±0.3 <sup>b</sup>	15.7±0.2 <sup>b</sup>	8.8±0.1 <sup>b</sup>	82.2±0.8 <sup>b</sup>
	0.3	8.1±0.1 <sup>ab</sup>	8.2±0.0 <sup>b</sup>	16.4±0.2 <sup>b</sup>	24.7±0.1 <sup>b</sup>	14.6±0.2 <sup>c</sup>	8.7±0.1 <sup>b</sup>	80.7±0.4 <sup>c</sup>
	0.5	8.2±0.1 <sup>a</sup>	8.5±0.0 <sup>d</sup>	17.0±0.1 <sup>a</sup>	26.2±0.8 <sup>a</sup>	16.9±0.1 <sup>a</sup>	8.7±0.1 <sup>b</sup>	85.5±0.6 <sup>a</sup>
HYJ	0.0	7.9±0.1 <sup>b</sup>	8.0±0.1 <sup>b</sup>	17.2±0.4 <sup>a</sup>	23.1±0.1 <sup>d</sup>	16.3±0.2 <sup>b</sup>	9.0±0.1 <sup>a</sup>	81.6±0.6 <sup>c</sup>
	0.1	8.4±0.2 <sup>a</sup>	8.3±0.1 <sup>a</sup>	14.6±0.5 <sup>b</sup>	27.4±0.1 <sup>b</sup>	16.3±0.1 <sup>b</sup>	8.3±0.1 <sup>c</sup>	83.3±0.4 <sup>b</sup>
	0.3	8.0±0.1 <sup>b</sup>	8.4±0.1 <sup>a</sup>	12.7±0.4 <sup>d</sup>	26.2±0.2 <sup>c</sup>	14.5±0.3 <sup>c</sup>	8.8±0.1 <sup>b</sup>	78.6±0.6 <sup>d</sup>
	0.5	8.5±0.1 <sup>a</sup>	8.6±0.2 <sup>a</sup>	15.9±0.1 <sup>c</sup>	28.5±0.3 <sup>a</sup>	18.5±0.2 <sup>a</sup>	9.0±0.1 <sup>a</sup>	89.0±0.3 <sup>a</sup>
HZSN	0.0	7.9±0.1 <sup>b</sup>	8.0±0.1 <sup>a</sup>	17.2±0.4 <sup>a</sup>	23.1±0.1 <sup>d</sup>	16.3±0.2 <sup>b</sup>	9.0±0.1 <sup>a</sup>	81.6±0.6 <sup>c</sup>
	0.1	8.3±0.1 <sup>a</sup>	8.0±0.1 <sup>a</sup>	16.9±0.2 <sup>a</sup>	25.0±0.1 <sup>c</sup>	16.0±0.1 <sup>c</sup>	8.5±0.2 <sup>b</sup>	82.7±0.3 <sup>b</sup>
	0.3	8.1±0.1 <sup>b</sup>	8.0±0.1 <sup>a</sup>	15.0±0.1 <sup>b</sup>	26.0±0.2 <sup>b</sup>	13.4±0.1 <sup>d</sup>	8.7±0.3 <sup>ab</sup>	79.2±0.4 <sup>d</sup>
	0.5	8.3±0.1 <sup>a</sup>	7.6±0.1 <sup>b</sup>	17.0±0.2 <sup>a</sup>	27.0±0.3 <sup>a</sup>	18.2±0.2 <sup>a</sup>	8.8±0.1 <sup>ab</sup>	86.9±0.5 <sup>a</sup>
CMC	0.0	7.9±0.1 <sup>bc</sup>	8.0±0.1 <sup>c</sup>	17.2±0.4 <sup>a</sup>	23.1±0.1 <sup>c</sup>	16.3±0.2 <sup>b</sup>	9.0±0.1 <sup>a</sup>	81.6±0.6 <sup>c</sup>
	0.1	7.9±0.1 <sup>c</sup>	8.5±0.1 <sup>a</sup>	15.9±0.1 <sup>c</sup>	25.9±0.1 <sup>b</sup>	14.5±0.3 <sup>d</sup>	8.7±0.1 <sup>b</sup>	81.4±0.1 <sup>c</sup>
	0.3	8.1±0.1 <sup>b</sup>	8.4±0.1 <sup>ab</sup>	16.3±0.1 <sup>b</sup>	25.7±0.1 <sup>b</sup>	15.5±0.2 <sup>c</sup>	8.6±0.1 <sup>b</sup>	82.7±0.4 <sup>b</sup>
	0.5	8.3±0.1 <sup>a</sup>	8.3±0.1 <sup>b</sup>	17.0±0.1 <sup>a</sup>	26.5±0.3 <sup>a</sup>	17.5±0.2 <sup>a</sup>	8.5±0.1 <sup>b</sup>	86.2±0.5 <sup>a</sup>
MYF	0.0	7.9±0.1 <sup>a</sup>	8.0±0.1 <sup>c</sup>	17.2±0.4 <sup>ab</sup>	23.1±0.1 <sup>c</sup>	16.3±0.2 <sup>b</sup>	9.0±0.1 <sup>ab</sup>	81.6±0.6 <sup>b</sup>
	0.1	8.1±0.1 <sup>a</sup>	8.1±0.1 <sup>bc</sup>	16.9±0.1 <sup>b</sup>	27.5±0.2 <sup>a</sup>	17.5±0.3 <sup>a</sup>	8.6±0.2 <sup>bc</sup>	86.7±0.4 <sup>a</sup>
	0.3	8.1±0.2 <sup>a</sup>	8.4±0.1 <sup>a</sup>	14.5±0.1 <sup>c</sup>	25.6±0.2 <sup>b</sup>	14.1±0.1 <sup>c</sup>	9.0±0.1 <sup>a</sup>	79.7±0.3 <sup>c</sup>
	0.5	8.2±0.3 <sup>a</sup>	8.3±0.1 <sup>ab</sup>	17.4±0.2 <sup>a</sup>	27.3±0.3 <sup>a</sup>	17.5±0.3 <sup>a</sup>	8.4±0.4 <sup>c</sup>	87.1±0.6 <sup>a</sup>

注: 同一因素同一列的不同小写字母表示组间有显著性差异 ( $p<0.05$ )。

## 2.6 不同多糖对发酵空心挂面感官品质的影响

表 2 为不同多糖对发酵空心挂面感官品质的影响。如表 2 所示,与未添加多糖的面条相比,瓜尔胶、黄原胶、海藻酸钠和魔芋粉添加量为 0.3%,羧甲基纤维素钠添加量为 0.1%时,面条的感官得分有所降低,但在 0.1%或 0.5%添加量下,瓜尔胶、黄原胶、海藻酸钠和魔芋粉均使面条的感官得分有不同程度的提高,其中添加 0.5%黄原胶的面条得分最高为 89.00,该实验组在爽滑性、弹性上的得分明显高于其他组别,这与挂面的力学性质和质构特性的结果相吻合,表明添加 0.5%黄原胶可较好地改善发酵空心挂面的品质。

## 3 结论

本文研究的 5 种常用多糖均属亲水胶体,能与面筋网络相互作用,对于面团发酵性质产生影响,进而影响挂面的品质。5 种多糖中,黄原胶对挂面的微观结构、力学性质、质构和感官品质改善效果相对较好,0.5%黄原胶显著增强了干挂面的抗断裂强度和柔韧性,对煮后面硬度、爽滑性、弹性、咀嚼性和拉断力的改善效果尤为突出,提高了挂面的总体可接受性。但是,关于添加多糖后面团的流变学性质变化与其发酵挂面制品品质之间的关系,需要进一步研究,以阐明多糖改善发酵挂面品质的机制。本文的研究结果对于开发优质发酵空心挂面具有重要的实际意义。

## 参考文献

- [1] 张克,陆启玉.浅谈我国面条工业的出路与创新[J].粮食与油脂,2016,29(8):18-21  
ZHANG Ke, LU Qiyu. A brief analysis about the prospect and innovation of Chinese noodle industry [J]. Cereals and Oils, 2016, 29(8): 18-21
- [2] 李里特,薛佳.论传统小麦面食的现代化与工业化[J].粮食与食品工业,2010,17(5):7-10  
LI Lite, XUE Jia. Discussion on modernization and industrialization of tradition wheat food [J]. Cereal and Food Industry, 2010, 17(5): 7-10
- [3] Hou G G. Asian noodles: science, technology, and processing [J]. Wiley, 2010: 25-55
- [4] Wang Jinrong, Kexue Zhu, Xiaona Guo, et al. Effect of sodium bicarbonate on quality of machine-made Kongxin noodles [J]. LWT - Food Science and Technology, 2021, 138: 110670
- [5] Fu B X. Asian noodles: history, classification, raw materials, and processing [J]. Food Research International, 2008, 41(9): 888-902
- [6] 林娟.空心面加工技术的研究[D].西安:陕西科技大学,2013  
LIN Juan. Studies on the processing technology of Kongxin noodle [D]. Xi'an: Shaanxi University of Science and Technology, 2013
- [7] Srikaeo, Khongsak, Laothongsan, et al. Effects of gums on physical properties, microstructure and starch digestibility of dried-natural fermented rice noodles [J]. International Journal of Biological Macromolecules: Structure, Function and Interactions, 2018, 109: 517-523
- [8] Tan H L, Tan T C, Easa A M. The use of selected hydrocolloids and salt substitutes on structural integrity, texture, sensory properties, and shelf life of fresh no salt wheat noodles - Science Direct [J]. Food Hydrocolloids, 2020, 108: 105996
- [9] 洪秀娟,沈汪洋,王展.改良剂对面条品质影响的研究进展[J].粮食与油脂,2021,34(2):11-13,17  
HONG Xiujuan, SHEN Wangyang, WANG Zhan. Research progress on the effect of improvers on noodle quality [J]. Cereals and Oils, 2021, 34(2): 11-13, 17
- [10] Hong T, Zhang Y, Xu D, et al. Effect of sodium alginate on the quality of highland barley fortified wheat noodles [J]. LWT - Food Science and Technology, 2020, 140(3): 110719
- [11] Dan Z, Yun Z, Liu H, et al. Effects of dough mixing time before adding konjac glucomannan on the quality of noodles [J]. Journal of Food Science and Technology - Mysore, 2017, 54(4): 1-10
- [12] Ferrero, Cristina. Hydrocolloids in wheat breadmaking: a concise review [J]. Food Hydrocolloids, 2016, 68(JUL.): 15-22
- [13] Xiong X, Zhao L, Chen Y, et al. Effects of alkali treatment and subsequent acidic extraction on the properties of soybean soluble polysaccharides [J]. Food & Bioproducts Processing, 2015, 94: 239-247
- [14] 熊小青,刘翀,郑学玲.发酵时间和酵母添加量对液态预发酵挂面品质的影响[J].食品科技,2021,46(7):167-173  
XIONG Xiaoqing, LIU Chong, ZHENG Xueling. Effects of fermentation time and amount of added yeast on the quality of dried liquid fermented noodles [J]. Food Science and Technology, 2021, 46(7): 167-173
- [15] 张蕴华,汪磊,陈洁,等.酵母种类对空心挂面品质的影响[J].食品工业科技,2021,42(10):62-67  
ZHANG Yunhua, WANG Lei, CHEN Jie, et al. Effect of yeast species on quality of empty-inside noodle [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(10): 62-67

- [16] Yao M, Li M, Dhital S, et al. Texture and digestion of noodles with varied gluten contents and cooking time: the view from protein matrix and inner structure [J]. Food Chemistry, 2020, 315: 126230
- [17] 刘健飞,郑学玲,刘翀.不同水分对复合压延面片力学性质及面条品质的影响[J].食品工业科技,2021,42(17):64-69  
LIU Jianfei, ZHENG Xueling, LIU Chong. Effects of moisture content on the mechanical properties of compound sheeting dough sheet and the quality of cooked noodles [J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(17): 64-69
- [18] 崔晚晚,李利民,郑学玲,等.不同种类谷朊粉对新鲜面条品质的影响[J].粮食与油脂,2018,31(12):43-49  
CUI Wanwan, LI Limin, ZHENG Xueling, et al. Effects of different vital wheat gluten on the qualities of fresh noodles [J]. Cereals and Oils, 2018, 31(12): 43-49
- [19] Pongpichaiudom, Aujcharaporn, Songsermpong, et al. Improvement of microwave-dried, protein-enriched, instant noodles by using hydrocolloids [J]. Journal of Food Science and Technology, 2018, 55(7): 2610-2620
- [20] 姚丹丹,施小燕,姜松.增稠剂对挂面力学特性的影响[J].食品工业科技,2014,35(21):102-106  
YAO Dandan, SHI Xiaoyan, JIANG Song. Effect of thickeners on the mechanical properties of dried noodles [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(21): 102-106
- [21] Silva E, Birkenhake 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
- [22] Rafiq S I, Rafiq S M, Saxena D, et al. Effect of hydrocolloids on the quality evaluation of flour based noodles from horse chestnut [J]. Matec Web of Conferences, 2016, 57: 04005
- [23] Amir Gull, Kamlesh Prasad, Pradyuman Kumar. Drying kinetics of millet, poamce and wheat based pasta and its effect on microstructure, color, water absorption and pasting properties [J]. Journal of Food Measurement and Characterization, 2017, 11(2): 675-684
- [24] Pan Z L, Ai Z L, Wang T, et al. Effect of hydrocolloids on the energy consumption and quality of frozen noodles [J]. Journal of Food Science and Technology, 2016, 53(5): 2414-2421
- [25] 刘倩,郭晓娜,朱科学.黄原胶对冷冻熟面冻藏品质的影响[J].中国粮油学报,2019,34(9):1-6  
LIU Qian, GUO Xiaona, ZHU Kexue. Effects of xanthan gum on the quality of frozen cooked noodles [J]. Journal of the Chinese Cereals and Oils Association, 2019, 34(9): 1-6

## (上接第 135 页)

- [30] 李冬坤.粳稻谷储藏期间品质变化、挥发性物质以及水分迁移的研究[D].南京:南京财经大学,2016  
LI Dongkun. The research of japonica quality indicators, volatile substances and moisture migration variation during storage [D]. Nanjing: Nanjing University of Finance and Economics, 2016
- [31] 周显青,张玉荣.储藏稻谷品质指标的变化及其差异性[J].农业工程学报,2008,24(12):238-242  
ZHOU Xianqing, ZHANG Yurong. Changes and differential analysis of the quality indexes of stored paddy [J]. Trans. Chin Soc Agric Eng, 2008, 24(12): 238-242
- [32] Li F, Wu X J, Wu W. Effects of malondialdehyde-induced protein oxidation on the structural characteristics of rice protein [J]. International Journal of Food Science & Technology, 2020, 55(2): 760-768
- [33] 张玉荣,周显青,刘敬婉.加速陈化对粳稻的营养组分及储藏、加工品质的影响[J].河南工业大学学报(自然科学版), 2017,38(5):37-44  
ZHANG Yurong, ZHOU Xianqing, LIU Jingwan. Effects of accelerated ageing on nutritional components and storage and processing quality [J]. J Henan University Techno (Nat Sci), 2017, 38(5): 37-44
- [34] 宋永令,杨绍铭,王若兰.储藏温度对稻谷品质和微生物含量的影响[J].食品科技,2018,43(9):204-208  
SONG Yongling, YANG Shaoming, WANG Ruolan. Effect of storage temperature on quality and microbial quality of rice [J]. Food Sci Tech, 2018, 43(9): 204-208
- [35] Hou L X, Ling B, Wang S J. Kinetics of color degradation of chestnut kernel during thermal treatment and storage [J]. International Journal of Agricultural & Biological Engineering, 2015, 8(4): 106-115