

“湖湘特色谷物制品加工” 特约专栏文章之四

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.05.009

李婷, 李双, 周小玲, 等. 1BL/1RS 易位小麦面筋蛋白的分离重组及其面条品质研究[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(5): 71-77.

LI T, LI S, ZHOU X L, et al. Research on the separation and reorganization of wheat protein and the quality of wheat noodles[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(5): 71-77.

1BL/1RS 易位小麦面筋蛋白的分离重组及其面条品质研究

李 婷¹, 李 双¹, 周小玲², 王发祥¹, 俞 健¹, 刘永乐¹, 李向红¹✉

(1. 长沙理工大学 化学与食品工程学院, 湖南 长沙 410114;

2. 克明面业股份有限公司, 湖南 长沙 410116)

摘 要: 利用聚丙烯酰胺凝胶电泳 (SDS-PAGE)、酸性聚丙烯酰胺凝胶电泳 (A-PAGE) 技术鉴定分析两种优质面条小麦粉的高分子量麦谷蛋白亚基 (HMW-GS) 的组成及醇溶蛋白 1BL/1RS 易位情况, 再通过分离重组法, 将小麦中醇溶蛋白与麦谷蛋白分离提取, 然后按比例重新配粉, 制作面条, 对重组面条进行蒸煮品质及质构特性分析, 找出醇溶蛋白和麦谷蛋白与面条品质之间的影响规律。结果表明, 当蛋白含量一定时, 重组面条的吸水率与(谷:醇)呈显著负相关 ($P<0.05$); 干物质损失率与(谷:醇)无显著相关性; 重组面条硬度、坚实度、拉伸力等均与(谷:醇)呈显著正相关 ($P<0.05$); 粘度与(谷:醇)呈显著负相关 ($P<0.05$)。同时发现, 在两种优质面条小麦粉高分子量麦谷蛋白和麦醇溶蛋白性质相同的情况下, 只有低分子量麦谷蛋白组成与沉淀值有较明显的差异, 但重组后的面条性质基本接近, 因此发现高分子量麦谷蛋白对面条质量影响较大。

关键词: 面筋蛋白; 高分子量麦谷蛋白; 分离重组; 面条品质

中图分类号: TS211.2 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)05-0071-07

网络首发时间: 2021-08-24 16:58:53

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20210824.1451.020.html>

Research on the Separation and Reorganization of Wheat Protein and the Quality of Wheat Noodles

LI Ting¹, LI Shuang¹, ZHOU Xiao-ling², WANG Fa-xiang¹, YU Jian¹, LIU Yong-le¹, LI Xiang-hong¹✉

(1. School of Chemistry and Food Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410114, China; 2. Hunan Kemen Noodle Manufacturing Co., Ltd., Changsha, Hunan 410116, China)

Abstract: This study uses Polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE) and acid polyacrylamide gel electrophoresis (A-PAGE) to identify the composition of high molecular weight glutenin subunits (HMW-GS) and the translocation of gliadin 1BL/1RS in two high quality wheat flour. The gliadin and glutenin are

收稿日期: 2021-03-15

基金项目: 湖南省教育厅重点项目 (19A027); 克明面业股份有限公司企业项目 (2018zkhx080)

Supported by: Scientific Research Project of the Hunan Provincial Education Department (No. 19A027); Enterprise Project of Hunan Kemen Noodle Manufacturing Co., Ltd. (No. 2018zkhx080)

作者简介: 李婷, 女, 1998 年出生, 在读研究生, 研究方向为蛋白质化学与工程。E-mail: 1742039679@qq.com.

通讯作者: 李向红, 女, 1979 年出生, 博士, 教授, 研究方向为农产品精深加工。E-mail: xianghongli@csust.edu.cn.

separated and extracted from wheat flour by separating and recombining, then re-proportionated with proportions. The cooking quality and texture of reconstituted noodles are analyzed to identify the relationship between gliadin, glutenin and noodle's quality. The results show that when the protein content is constant, the water absorption of recombinant noodles is negatively correlated with (gluten: alcohol) ($P<0.05$), while the dry matter loss rate is not highly relevant to gluten: alcohol. The hardness, firmness and tensile strength of recombinant noodles are positively correlated with gluten: alcohol ($P<0.05$). The viscosity is negatively correlated with gluten: alcohol ($P<0.05$). Meanwhile, it is found that when the properties of high molecular weight glutenin and gliadin are the same, only the composition of low molecular weight glutenin is different from the precipitation value, but the properties of reconstituted noodles are similar. Therefore, we conclude that high molecular weight glutenin has a greater impact on the quality of noodles.

Key words: gluten protein; high molecular weight glutenin; separation and recombination; noodle quality

小麦是我国的三大主粮之一,也是全球重要的谷物品种,年产量已超1亿t^[1]。小麦经磨制加工后即面粉,小麦的营养成分包括淀粉、脂质、蛋白质等,主要营养在小麦胚中,是小麦蛋白质的主要来源^[2]。小麦蛋白分为清蛋白、球蛋白、醇溶蛋白和谷蛋白,其中,清蛋白和球蛋白为小麦提供营养成分,醇溶蛋白和谷蛋白两者构成面筋蛋白,为面条提供网络结构。小麦面筋蛋白的质量和含量对面条的品质具有很大的影响,当小麦中含有较高含量的面筋蛋白时,面条的硬度会显著增加,韧性也会显著增大,并且当面筋蛋白含量一定时,谷蛋白与醇溶蛋白的比值不同,面团的品质也会有所不同^[3]。

面粉制品种类丰富,广受人民的喜爱,挂面就是典型的面制品之一,挂面在我国的市场广阔,与此同时,其可提升空间也十分巨大。小麦的质量品质、磨粉设备和制作工艺的限制都使得直接生产出来的小麦粉成品通常难以满足某些食品生产的具体要求,食品工业中通常使用物理的、化学的或生物的方法来有目的地改善小麦粉的品质^[4]。近年来,国内对面条品质的影响的研究主要是从面粉的组成成分如淀粉、蛋白质等开展^[5],也有研究集中在醇溶蛋白易位和不同分子量谷蛋白对面条品质的影响,基因和蛋白质组学有助于揭示食品或加工产品的深层质量变化机制^[6-7]。分离重组法常用于研究面粉的各项成分对面条品质的影响,是在尽可能保证面条中原成分的性质不变的条件下,用合适的方法将面粉中的组分分离出来,然后再通过改变其中成分的比例或者对其中的成

分进行修饰,重新组合,以确定这些成分对面条质量的影响,能够避免统计分析法和扫描电镜(SEM)观察法的弊端,尽可能准确的反应真实的情况^[8]。

因此,本研究将以克明面业提供的两种优质面条小麦粉(SJ和HMT)为研究对象,利用分离重组技术制备面条,通过对面条的蒸煮特性及质构特性进行测定,明晰小麦面粉中醇溶蛋白与谷蛋白的比例及不同分子量的麦谷蛋白对面条品质的影响,为小麦种植、面条专用粉生产和面条的品质提高提供坚实的理论支持。

1 材料与方法

1.1 实验材料

淀粉、小麦粉(SJ、HMT)、标样小麦:湖南省长沙市克明面业股份有限公司。

1.2 仪器与设备

LYZY-2 沉降值测定仪:广州沪瑞明仪器有限公司;LGJ-10 真空冷冻干燥机:河南兄弟仪器设备有限公司;DYCZ-25D 电泳仪:北京六一生物科技有限公司;T10 basic 手持式均质机:德国IKA公司;等电聚焦仪:美国GE公司;ScanMaker i800 扫描仪:上海中晶科技有限公司;RE-2000B 旋转蒸发器:天津予华仪器科技有限公司;TA.XT.Plus 食物物性测定仪:英国Stable Micro System公司。

1.3 实验方法

1.3.1 小麦粉基本成分测定

分别参照 GB 5009.4—2016、GB 5009.5—2016、GB 5009.3—2010、GB/T 14685—1995 测

定小麦粉灰分含量、蛋白质含量、水分含量及沉降值。

湿面筋含量与面筋指数测定：将洗净的面筋放入面筋指数测定仪小筛板中，将筛板装至仪器中，进行离心，离心完毕，取出筛板，称量筛上物与筛下物质量。湿面筋含量即为筛上物与筛下物的总重。面筋指数计算方法见公式：

$$\text{面筋指数} = \frac{\text{筛上物}}{\text{筛下物} + \text{筛上物}}$$

1.3.2 小麦粉高分子量谷蛋白亚基 (HMW-GS) 的聚丙烯酰胺凝胶电泳 (SDS-PAGE) 分析

麦谷蛋白提取及样品制备：称取小麦粉约 2 g，使用 NaCl 溶液去除球蛋白并重复两次，再使用醇溶液除去醇溶蛋白，重复两次。将醇提所得沉淀用 20 mL 2% 十二烷基硫酸钠提取液在室温下提取 2 h。经过离心 (4 000 r/min, 20 min)，得到上清液保留准备进行 SDS-PAGE 分析。

SDS-PAGE 方法如下：将上述 20 μ L 上清液蛋白样品与等体积的样品缓冲液混合，水浴后离心备用。先恒流 (20 mA) 条件下电泳 1 h 左右，待样品进入分离胶换成恒压 (50 mA) 条件电泳 3 h 左右。电泳完毕后，置于染色盘中，加入 50 mL 固定液固定 1 h，倒掉固定液，再染色 2 h，染色结束加入脱色液脱色，并不断更换脱色液直至脱色完全，使用凝胶成像扫描仪扫描凝胶。

1.3.3 醇溶蛋白的酸性聚丙烯酰胺凝胶电泳 (A-PAGE) 分析

醇溶蛋白提取及样品制备：称取小麦粉约 0.03 g，加入 0.4 mL 提取液 (0.05 g 甲基绿, 25 mL 2-氯乙醇, 1 mL β -巯基乙醇定容至 100 mL)，在 4 $^{\circ}$ C 下静置 24 h 后，8 000 r/min 离心 10 min 后，取上清液进行 A-PAGE 分析。

A-PAGE 方法如下：用 20 mL 凝胶溶液 (25 g 丙烯酰胺, 1 g N-N-亚甲基双丙烯酰胺, 15 g 尿素, 0.25 g 抗坏血酸, 0.006 5 g 硫酸亚铁, 5 mL 冰醋酸, 0.25 g 甘氨酸定容至 250 mL) 对样品进行电泳。加入 70 μ L 0.6% 过氧化氢后，迅速加入电极缓冲液 (40 mL 冰醋酸和 0.4 g 甘氨酸定容至 1 000 mL)，电泳时恒定电压为 500 V，电泳时间为甲基绿指示剂移动至凝胶底部所需时间的三倍。电泳结束后，用 10% 三氯乙酸固定凝胶，染

色结束加入脱色液脱色，使用 7% 醋酸对凝胶进行保存，使用凝胶成像扫描仪扫描凝胶。

1.3.4 原小麦面条质构特性测定

将原小麦粉于面粉搅拌器中，搅拌完毕，将面团用压延辊进行多次压延，压延完成后将面皮卷在木轴上继续醒发 20 min 后用面条切割轮制作面条；制得的面条放入烤箱烘烤，烘干后取出置于密封袋内保存。取适量原小麦面条按照其最佳蒸煮时间煮制后在冷水中静置 2 min 后捞出，用滤纸吸干其表面大部分水分，使用 TA-XT Plus 物性分析仪测定其质构特性。

1.3.5 醇溶蛋白和谷蛋白的分离提取

取适量面粉按照料液比 2 : 1 加入水，充分揉混成表面光滑的面团。揉混完成后向容器中加入适量水，静置 20 min。再将面团反复在水下搓洗，直至溶液澄清时，得到面筋。将洗得的面筋按照料液比 1 : 10 加入 70% 的乙醇，先用均质机将样品处理为均匀的浆状，再在 35 $^{\circ}$ C 下搅拌 3 h，搅拌完成后，3 500 r/min 下离心 30 min，得到上清液和沉淀部分。沉淀即为谷蛋白；上清液通过旋转蒸发，沉淀即为麦醇溶蛋白。两次沉淀均经真空冷冻干燥后即得所需蛋白成品。

1.3.6 重组面条的制作

按照原面粉：混合粉 (淀粉、麦醇溶蛋白和麦谷蛋白) = 1 : 1 进行重组粉的配制，其中保持重组粉内的蛋白质总含量不变，改变蛋白质含量中谷蛋白与醇溶蛋白的比值，同时所有的成分都按照 14% 的湿基进行校正。取 1 kg 重组粉于面粉搅拌器中，搅拌完毕，将面团用压延辊进行多次压延，压延完成后将面皮卷在木轴上继续醒发 20 min 后用面条切割轮制作面条；制得的面条放入烤箱烘烤，烘干后取出置于密封袋内保存。

1.3.7 重组面条蒸煮特性测定

干物质吸水率的测定：取 20 根重组面条，称重，烧杯需烘干至恒重。将称重后的面条放入装有 500 mL 沸水的烧杯中煮至最佳蒸煮时间捞出，置于 100 mL 冷水中冷却 2 min，冷却后捞出在滤纸上沥水 5 min 之后再次称重，面条增加的质量与干面条的质量的比值即为面条的干物质吸水率。

干物质损失率的测定：将上述步骤中煮制及浸泡面条的水混合后继续在电炉上加热煮沸，将

大部分水分蒸发掉后把烧杯放入烘箱 (105 °C) 内烘干至恒重, 烧杯增加的质量与干面条质量的比值即为面条的干物质损失率。

1.3.8 重组面条质构特性测定

同 1.3.4 对重组面条质构特性进行测定。

1.3.9 重组面条感官评定

取 60 根长度为 22 cm 的面条, 煮至最佳蒸煮时间后捞出, 置于冷水中浸泡 2 min, 分放至事先准备好的小碗中待品尝。参照 SB/T 10137-93 对面条进行评定。

表 1 面条品尝项目和评分标准
Table 1 Noodle tasting items and scoring criteria

项目	满分/分	评分标准
外观状态	10	指面条表面光滑和膨胀程度, 表面结构细密、光滑为 8.5~10; 中间为 6.0~8.4; 表面粗糙、膨胀、变性严重为 1~6
色泽	10	指面条颜色和亮度, 面条白、乳白、奶黄色、光亮为 8.5~10; 亮度一般为 6~8.4; 色发暗、发灰、亮度差为 1~6
适口性(软硬)	20	用牙咬断一根面条所需力的大小, 力度适中得分为 17~20; 稍偏硬或软为 12~17 分; 太硬或太软 1~12 分
粘性	25	面条在咀嚼时, 嚼劲和弹性的大小, 有嚼劲、富有弹性为 21~25; 一般为 15~21; 嚼劲差、弹性不足为 1~15
韧性	25	指在咀嚼过程中, 面条粘牙程度, 咀嚼时爽口、不粘牙为 21~25; 较爽口、稍粘牙为 15~21; 不爽口、发粘为 10~15
光滑性	5	指在品尝面条时口感的光滑程度, 光滑为 4.3~5, 中间为 3~4.3; 光滑程度差为 1~3
食味	5	指品尝时的味道, 具有麦清香味 4.3~5; 基本无异味 3~4.3; 有异味 1~3
总分	100	精制级小麦粉制品评分 ≥ 85; 普通级小麦粉制品评分 ≥ 75

1.4 数据分析

使用软件 Excel 2010 对实验数据进行分类整理及绘图, 采用 SPSS 软件进行显著性和相关性分析。

2 结果与分析

2.1 两种小麦粉基本性质比较

两种小麦粉的基本成分含量如表 2 所示, 蛋白质含量和面筋指数大致相同, 但沉淀值含量有显著性差异。麦谷蛋白主要以聚合体的形式存在, 通过分子间二硫键作用形成线状结构^[9], 赋予面团弹性。根据 SDS-PAGE 图谱上迁移速率, 可将麦谷蛋白进一步分为分子量介于 10~70 kD 之间的低分子量麦谷蛋白亚基 (LMW-GS) 和分子量介于 80~140 kD 之间的 HMW-GS^[10-11]。HMW-GS 仅占成熟种子蛋白质总量的 10% 左右, 但它决定了小麦加工品质的 35%~

40%^[12]。从两种小麦品种中提取的谷蛋白 SDS-PAGE 图谱如图 1 所示, 两种小麦粉的高分子量麦谷蛋白亚基分别为 SJ (1, 7+8, 5+10), HMT (1, 7+8, 5+10), 两者无显著差异, 只有低分子量麦谷蛋白组成有较明显的差异。HMW-GSs (1, 13+16, 14+15, 5+10) 对面团加工质量有积极的影响, 亚基 (1, 5+10) 对提高面条品质具有重要作用^[13-14]。如图 2 所示, 根据 A-PAGE 图谱的相对迁移率, 小麦醇溶蛋白被分为 α、β、γ 和 ω 四个部分, 两种小麦品种均出现 1BL/1RS 易位特征性条带。1BL/1RS 易位系 1RS 上引入黑麦碱基因, 在 1BL 上缺少低分子量谷蛋白和部分醇溶蛋白, 从而影响面条品质。He 等研究发现小麦品种 1BL/1RS 易位会导致面条的弹性及粘性下降, 对面条的弹性、粘性等有显著的负面影响^[15], 原小麦面条的质构评价见表 3。

表 2 原小麦粉基本成分指标
Table 2 Basic composition indicators of different varieties of wheat flour

品种	水分含量/(g/100g)	灰分含量/(g/100 g)	蛋白质含量/(g/100 g)	湿面筋含量/%	面筋指数	沉淀值/mL
SJ	12.67 ^a ±0.03	0.50 ^a ±0.01	10.67 ^a ±0.19	31.08 ^a ±0.63	68.23 ^a ±2.13	39.57 ^a ±1.69
HMT	13.33 ^a ±0.01	0.50 ^a ±0.04	10.69 ^a ±0.35	28.70 ^b ±0.56	63.71 ^a ±2.08	19.37 ^b ±0.39

注: a、b 表示两种小麦粉差异显著 (P<0.05)。

Note: a and b indicate significant difference between two kinds of wheat flour (p<0.05).

2.2 重组面条的蒸煮特性

面条的蒸煮特性常被作为面条品质判定的项目之一, 淀粉颗粒和面筋蛋白结构之间的相互作用规律也能够间接地被反映出来^[16]。当重组面条

内的蛋白质含量不变时, 醇溶蛋白的含量增加能够使得重组面条的吸水率显著增大, 见图 3; 而两种重组面条的干物质损失率都没有太大变化, 见图 4。根据相关性结果显示, 重组面条重组面

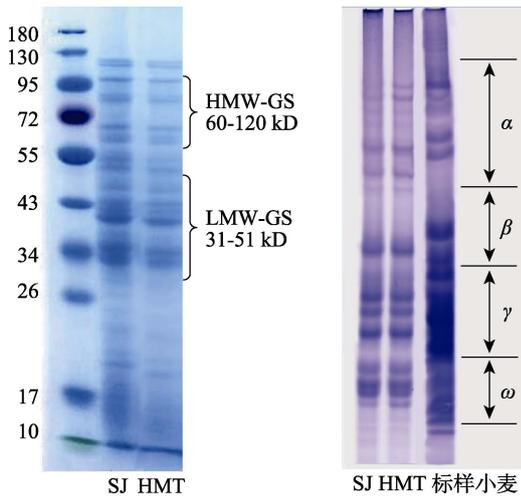


图 1 SDS-PAGE 图谱
Fig.1 SDS-PAGE patterns

图 2 A-PAGE 图谱
Fig.2 A-PAGE patterns

条的吸水率与谷蛋白和醇溶蛋白的比值呈显著负相关，而与干物质损失率无显著相关性，见表 4。干物质的损失率是由淀粉从蛋白质网络结构中脱离出来而流失造成的，因此，蛋白质含量高的面粉中的面筋网络结构更加紧密，能够减少淀粉分子的流失，从而减少面条的干物质损失率^[17]，本次实验中重组面条中的淀粉和蛋白质含量都是一定的，只对谷蛋白和醇溶蛋白的比值进行了调整，故重组面条的干物质损失率没有明显变化。

2.3 重组面条的质构特性

当醇溶蛋白的含量增加时，重组面条的硬度

显著减小，粘度显著增大；当谷蛋白的含量增加时，重组面条的坚实度和剪切做功都显著增大，且拉伸力和拉伸距离也显著增大，见表 5、表 6。当重组面条中的蛋白质含量一定时，重组面条的粘度和麦谷蛋白与麦醇溶蛋白的比值呈显著线性负相关；而重组面条的拉伸力、拉伸距离、硬度、坚实度和剪切做功和麦谷蛋白与麦醇溶蛋白的比值呈显著正线性相关，见表 7。面条的坚实度和剪切做功都能反映出面条的硬度和弹性，谷蛋白赋予面条硬度和弹性，这是由于麦谷蛋白的亚基之间能够形成疏水作用、氢键和分子间二硫键，这能够使麦谷蛋白聚合形成大分子聚合物，这种大分子聚合物形成的网络结构具有较强的硬度和弹性，也是赋予面条硬度和弹性的主要原因^[18]。面条硬度和面条抗拉伸强度由谷蛋白决定，醇溶蛋白赋予面条粘度，因为麦醇溶蛋白内含有较高的非极性氨基酸含量，所以其水合时具有极高的粘度，较小的抗伸长度，面条的延展性和粘性与麦醇溶蛋白密切相关^[19]。但是在本次实验中发现，较高的谷蛋白含量也能够使面条的延展性显著增强，当面条中含有较高的麦谷蛋白含量时，能够形成大量的网络结构，这种具有弹性的网状结构同样能赋予面条良好的延展性，故重组面条的拉伸力和拉伸距离都随谷蛋白含量的相对含量增加而增大。

表 3 原小麦面条的质构评价
Table 3 Textural evaluation of high-quality wheat noodles

品种	硬度/g	粘度/g·sec	拉伸力/N	拉伸距离/mm	咀嚼力/g
SJ	2 606.17±158.57 ^a	-54.66±5.60 ^b	21.53±0.88 ^a	78.31±6.02 ^a	42.45±0.84 ^a
HMT	2 481.41±69.67 ^a	-56.29±12.31 ^a	20.04±0.46 ^a	69.98±4.14 ^a	42.40±1.83 ^a

注：a、b 表示两种小麦粉差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: a and b indicate significant difference between two kinds of wheat flour ($P < 0.05$).

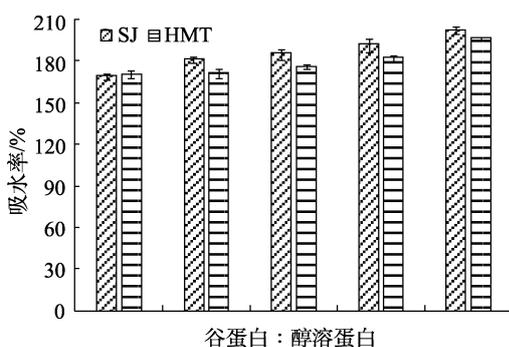


图 3 重组面条吸水率
Fig.3 Reconstituted noodles water absorption

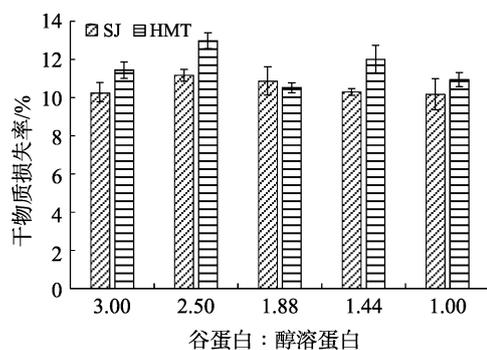


图 4 重组面条干物质损失率
Fig.4 Reconstituted noodles dry matter loss rate

表 4 相关性分析

Table 4 Correlation analysis

蛋白含量比值蒸煮特性	吸水率	干物质损失率
谷/醇 (SJ)	-0.906*	0.352
谷/醇 (HMT)	-0.978**	0.338

注: *表示 0.05 水平上显著相关; **表示 0.01 水平上显著相关

Note: * means significant correlation at 0.05 level; ** means significant correlation at 0.01 level.

2.4 重组面条的感官评定

根据感官评定结果可以看出, 十个样品的评分都相对较低, 都在 70 分左右, 表示重组面条的品质还有待进一步提升, 见表 8、表 9。其原因可能是混合粉中只有淀粉、麦醇溶蛋白和麦谷蛋白三种成分, 即使再与原面粉 1:1 混合, 仍缺少了原面粉中的脂质等成分, 并且制得的蛋白的活性也可能受到了一定的影响, 达不到原面粉的效果。

表 5 重组面条的质构评价 (SJ)

Table 5 Textural evaluation of reconstituted noodles (SJ)

谷/醇	硬度/g	粘度/g·sec	坚实度/N	剪切做功/(g·mm)	拉伸力/N	拉伸距离/mm
3:1	3 519.257	-50.856	2.328	93.446	12.814	69.022
2.5:1	3 349.815	-56.912	2.249	99.973	12.334	63.565
1.88:1	3 242.724	-57.190	2.069	90.173	10.958	57.158
1.44:1	2 972.757	-59.325	1.813	80.327	10.216	54.944
1:1	2 471.308	-62.161	1.401	62.547	8.527	51.899

表 6 重组面条的质构评价 (HMT)

Table 6 Textural evaluation of reconstituted noodles (HMT)

谷/醇	硬度/g	粘度/g·sec	坚实度/N	剪切做功/(g·mm)	拉伸力/N	拉伸距离/mm
3:1	3 800.008	-58.413	2.264	108.154	10.405	53.136
2.5:1	3 683.616	-68.849	1.948	88.208	9.441	51.968
1.88:1	3 390.214	-75.441	1.816	86.516	9.241	53.454
1.44:1	3 287.508	-85.599	1.724	99.712	9.059	48.847
1:1	3 155.619	-96.669	1.481	71.656	8.541	36.269

表 7 相关性分析

Table 7 Correlation analysis

蛋白含量比例质构特性	硬度	粘度	坚实度	剪切做功	拉伸力	拉伸距离
谷/醇 (SJ)	0.863	0.874	0.974*	0.806	0.923*	0.682
谷/醇 (HMT)	0.880*	0.978**	0.932*	0.950*	0.977**	0.988*

注: *表示 0.05 水平上显著相关; **表示 0.01 水平上显著相关。

Note: * means significant correlation at 0.05 level; ** means significant correlation at 0.01 level.

表 8 重组面条感官评定结果 (SJ)

Table 8 Sensory evaluation results of reconstituted noodles (SJ)

指标	谷蛋白: 醇溶蛋白				
	3	2.5	1.88	1.44	1
表观	6.18	7.31	6.77	7.64	6.46
色泽	7.53	6.58	7.921	6.98	7.63
适口性	12.15	11.78	12.69	11.79	12.57
粘性	16.94	17.87	17.58	18.79	18.84
韧性	19.23	18.93	18.32	18.79	17.89
光滑性	3.78	3.95	3.52	4.12	3.92
食味	3.97	4.02	3.76	3.94	3.70
总分	69.78	70.44	70.56	72.05	71.01

表 9 重组面条感官评定结果 (HMT)

Table 9 Sensory evaluation results of reconstituted noodles (HMT)

指标	谷蛋白: 醇溶蛋白				
	3	2.5	1.88	1.44	1
表观	5.78	6.23	6.13	7.21	6.67
色泽	7.13	7.85	8.21	6.79	7.45
适口性	11.5	12.34	11.78	12.38	11.78
粘性	17.46	18.78	18.23	18.98	19.34
韧性	18.21	17.36	17.12	17.89	16.23
光滑性	3.21	3.82	3.13	4.01	4.12
食味	4.2	3.95	3.24	4.1	3.9
总分	67.49	70.33	67.84	71.36	69.49

3 结论

本研究明确了两种优质小麦粉的基本成分、

高分子量谷蛋白亚基及醇溶蛋白 1BL/1RS 易位情况, 通过分离重组方法制作了不同麦谷蛋白和麦

醇溶蛋白比例的重组面条,对重组面条的蒸煮特性和质构特性进行测定后发现:当重组面条中的蛋白质含量一定时,重组面条的吸水率、粘度与麦谷蛋白与麦醇溶蛋白的比值呈显著线性负相关($P<0.05$);而重组面条的拉伸力、拉伸距离、硬度、坚实度和剪切做功和麦谷蛋白与麦醇溶蛋白的比值呈显著正线性相关($P<0.05$)。本文能够为小麦种植、面条专用粉生产和面条品质提高提供理论依据,但小麦粉品种产地较为单一,关于基因和蛋白质组学对面条品质的研究亦有待更为深入的研究。

参考文献:

- [1] 王晶晶, 陆启玉, 李华, 等. 面筋蛋白游离氨基对面条品质的影响研究[J]. 食品科技, 2014, 39(6): 152-155.
WANG J J, LU Q Y, LI H, et al. Effect of free amino group of gluten protein on noodle quality[J]. Food technology, 2014, 39(6): 152-155.
- [2] 师俊玲, 魏益民, 欧阳韶晖, 等. 蛋白质和淀粉含量对面条品质的影响研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2001, 22(1): 32-35.
SHI J L, WEI Y M, OUYANG S H, et al. Effect of protein and starch content on noodle quality[J]. Journal of Henan University of Technology (NATURAL SCIENCE EDITION), 2001, 22(1): 32-35.
- [3] 姚梦迪, 李明, 郭波莉. 面筋蛋白含量对面条质构和消化性能的影响[C]. 中国食品科学技术学会第十五届年会, 2018.
YAO M D, LI M, GUO B L. Effect of gluten content on texture and digestibility of noodles[C]. 15th Annual Meeting of Chinese society of food science and technology, 2018.
- [4] 张波, 魏益民, 李韦谨. 影响面条感官质量的因素分析[J]. 中国农业科学, 2012, 45(12): 2447-2454.
ZHANG B, WEI Y M, LI W J. Analysis of factors affecting noodle sensory quality[J]. Chinese Agricultural Sciences, 2012, 45(12): 2447-2454.
- [5] 鞠兴荣, 袁建, 汪海峰, 等. 小麦主要质量指标与面条品质关系的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2005, (12): 10-12.
JU X R, YUAN J, WANG H F, et al. Study on the relationship between main quality indexes of wheat and noodle quality[J]. Grain and feed industry, 2005, (12): 10-12.
- [6] PEDRESCHI R, HERTOOG M, LILLEY K S, et al. Proteomics for the food industry: opportunities and challenges[J]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 2010, 50(7), 680-692.
- [7] CARBONARO M. Proteomics: Present and future in food quality evaluation[J]. Trends in Food Science & Technology. 2004, 15(3), 209-216.
- [8] HAN J Z, WANG Y B. Proteomics: present and future in food science and technology[J]. Trends in Food Science & Technology. 2008, 19(1), 26-30.
- [9] 黄东印, 林作楫. 冬小麦品质性状与面条品质性状关系的初步研究[J]. 华北农学报, 1990, 5(1): 40-45.
HUANG D Y, HUANG Z Y. A preliminary study on the relationship between quality traits of winter wheat and noodle quality traits[J]. Acta AGRICULTURAE Sinica Sinica, 1990, 5(1): 40-45.
- [10] MAZZEO M F, STASIO L D, D'AMBROSIO C, et al. Identification of early represented gluten proteins during Durum wheat grain development[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65(15): 3242-3250.
- [11] LEE Y K, BEKES F, GRAS P, et al. The low-molecular-weight glutenin subunit proteins of primitive wheats. IV. Functional properties of products from individual genes[J]. Theoretical and Applied Genetics, 1999, 98(1): 149-155.
- [12] PAYNE P, HOLT L, LAW C. Structural and genetical studies on the high-molecular-weight subunits of wheat glutenin: Part 1: Allelic variation in subunits amongst varieties of wheat[J]. Theoretical and applied genetics, 1981, 60(4): 229-236.
- [13] JIN H, ZHANG Y, LI G Y, et al. Effects of allelic variation of HMW-GS and LMW-GS on mixograph properties and Chinese noodle and steamed bread qualities in a set of Aroona near-isogenic wheat lines[J]. Cereal Sci., 2013, 57(1): 146-152.
- [14] KAMAL A, KIM K H, SHIN K H, et al. Diversity of novel glutenin subunits in bread wheat (*Triticum aestivum* L.)[J]. Plant Biol. 2009, 52(6): 533-542.
- [15] HE Z, LIU L, XIA X, et al. Composition of HMW and LMW glutenin subunits and their effects on dough properties, pan bread, and noodle quality of Chinese bread wheats[J]. Cereal Chemistry, 2005, 82(4): 345-350.
- [16] 郭兴凤, 张莹莹, 任聪, 等. 小麦蛋白质的组成与面筋网络结构、面制品品质关系的研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2018, 186(6): 125-130.
GUO X F, ZHANG Y Y, REN C, et al. Research progress on the relationship between wheat protein composition, gluten network structure and flour product quality[J]. Journal of Henan University of Technology (NATURAL SCIENCE EDITION), 2018, 186(6): 125-130.
- [17] 陈玉峰. 小麦粉中蛋白质和淀粉含量对面条品质的影响[J]. 现代面粉工业, 2020, 164(2): 60-60.
CHEN Y F. Effect of protein and starch content in wheat flour on noodle quality[J]. Modern flour industry, 2020, 164(2): 60-60.
- [18] 张克. 淀粉组分及其衍生物对面条品质的影响研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2017.
ZHANG K. Effects of starch components and their derivatives on noodle quality[D]. Zhengzhou: Henan University of technology, 2017.
- [19] 张莹莹, 陈园园, 郭兴凤. 面制品制作过程中蛋白质的行为及作用[J]. 粮食加工, 2019, 44(1): 9-14.
ZHANG Y Y, CHEN Y Y, GUO X F. The behavior and function of protein in the production of flour products[J]. Food processing, 2019, 44(1): 9-14.

备注: 本文的彩色图表详见本期 PC14, 也可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。