



杨雪峰,宋维富,刘东军,等.小麦面筋蛋白对面团拉伸特性的影响研究进展[J].黑龙江农业科学,2023(3):104-108.

小麦面筋蛋白对面团拉伸特性的影响研究进展

杨雪峰^{1,2},宋维富¹,刘东军¹,赵丽娟¹,仇琳¹,宋庆杰¹,张春利¹,辛文利¹

(1. 黑龙江省农业科学院 作物资源研究所,黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 新疆生产建设兵团第十师农业科学研究所,新疆 北屯 836000)

摘要:为加快小麦品质改良进程,本文对面筋蛋白组分对面团拉伸特性的影响进行综述,探讨小麦品质改良的有效途径。通过在集聚优质高、低分子麦谷蛋白亚基的基础上,合理调控优质醇溶蛋白基因表达量的方式来确定麦谷蛋白与醇溶蛋白最佳比例,以达到提高面筋蛋白质量的目的。

关键词:小麦;面筋蛋白;拉伸特性;影响

小麦是我国重要的粮食作物之一。随着经济快速发展和生活水平的不断提高,人们对优质强筋小麦的需求也日益增加。然而,在农业基本国情和饮食文化习惯的影响下,我国大部分小麦品质仍处于中筋水平,各类型小麦品质达标比例较低,年度间差异较大,品质参差不齐,稳定性较差^[1],很难满足市场需求。从供求关系来看,我国普通小麦供大于求,而优质强筋小麦产量严重不足,仍大量依靠进口^[2]。从品种角度看,强筋品种品质不稳定也是制约我国强筋小麦发展的阻碍。为此,通过改良蛋白质质量来提升优质强筋小麦品种品质,已成为我国小麦品质改良的重要手段之一,也是提升我国强筋小麦品质的必由之路。能量、最大抗延阻力和延伸性是衡量面团拉伸特性最重要的指标,能够充分表达面团的弹性、韧性的优劣,用于区别小麦面筋的强弱。面筋蛋白含量和质量对面团拉伸特性具有重要的影响,并决定小麦二次加工品质。本文探讨了面筋蛋白组分对面团拉伸特性的影响,为加快小麦品质育种进程提供理论依据。

1 小麦面筋蛋白组成类型及对品质的作用

小麦面筋蛋白主要由麦谷蛋白和醇溶蛋白组成,麦谷蛋白通过二硫键互作形成网状结构的面筋蛋白骨架,而醇溶蛋白通过非共价键穿插在网

状结构中^[3],二者共同作用使面团具有一定的黏弹性^[4],是影响面团流变学特性的主要因素^[5]。麦谷蛋白分为高分子量谷蛋白亚基(High Molecular Weight Glutenin Subunit, HMW-GS)和低分子量谷蛋白亚基(Low Molecular Weight Glutenin Subunit, LMW-GS),决定面筋的强度和弹性;醇溶蛋白分为 α 、 β 、 γ 和 ω 等4种不同类型,决定面团的延伸性^[6-7]。研究表明,麦谷蛋白和醇溶蛋白的含量和比例对强筋小麦二次加工品质具有重要作用^[7-9],可通过改良二者亚基组成来提高面筋强度和质量,进而提升强筋小麦品质。

2 高分子量麦谷蛋白与面团拉伸特性的关系

2.1 不同基因位点与拉伸特性的关系

Glu-A1、*Glu-B1*和*Glu-D1*是控制HMW-GS的3个基因位点,且各位点存在不同的等位变异^[10],*Glu-D1*位点对小麦二次加工品质贡献要高于*Glu-A1*和*Glu-B1*^[11-12]。但不同位点对于拉伸特性的影响不尽相同。金慧等^[12]认为*Glu-B1*和*Glu-D1*位点对能量和最大抗延阻力的影响达5%或1%显著水平。张影全等^[13]研究表明*Glu-A1*和*Glu-B1*位点均与面团拉伸特性相关不显著,*Glu-D1*位点对面团延伸性、最大抗延阻力的影响达到了极显著水平,对能量的影响达到了显著水平。高翔等^[14]对各位点对能量的贡献值进行排序,顺序为*Glu-D1*>*Glu-A1*>*Glu-B1*。综上所述,*Glu-D1*位点更有利于面团拉伸特性的改良和面筋质量的提升,定向导入该位点优质亚基可实现小麦品质快速改良。

收稿日期:2022-12-10

基金项目:黑龙江省省属科研院所科研业务费项目(CZKYF 2021B005);黑龙江省自然科学基金:优青项目(YQ2020C039);黑龙江省博士后科研启动金项目(LBH-Q20176);财政部和农业农村部:国家现代农业产业技术体系春麦岗位科学家项目(CARS-3-12);黑龙江省现代农业产业技术小麦协同创新推广体系项目。

第一作者:杨雪峰(1980—),男,硕士,副研究员,从事春小麦品质遗传育种研究。E-mail:yodghyxf@126.com。

通信作者:张春利(1970—),男,博士,研究员,从事春小麦品质遗传育种研究。E-mail:zclwheat@126.com。

2.2 不同 HMW-GS 对面团拉伸特性具有不同影响

2.2.1 *Glu-A1* 位点不同亚基对拉伸特性的影响

Glu-A1 位点 3 种亚基对最大抗延阻力和能量的影响 $Ax1 > Ax\text{-}null^{[13,15-18]}$, 基本达成共识, 部分研究认为 $Ax2 *$ 要显著优于该位点其他亚基^[17]; 对延伸性的影响因试材不同结论不同, 一般认为 $Ax1 > Ax\text{-}null^{[16,18]}$, 也有学者认为 $Ax\text{-}null$ 在延伸性方面略高于 $Ax1$ 但差异不显著^[13], 而 $Ax2 *$ 要显著低于其他亚基^[16]。因此, 在强筋小麦品质改良过程中应重点选择 $Ax1$ 或 $Ax2 *$ 。

2.2.2 *Glu-B1* 位点不同亚基对拉伸特性的影响

Glu-B1 位点存在多种亚基形式, 对部分常见亚基分析结果显示, 对最大抗延阻力和能量的影响的研究结果基本一致, 即 $Bx17 + By18 > Bx14 + By15 > Bx7 + By9^{[15-17]}$, 与其他亚基相比, $Bx7 + By8$ 、 $Bx13 + By16$ 受试验材料的影响差异较大^[16,18], $Bx7^{OE}$ 亚基可明显增加面筋强度^[19-20], 但其对拉伸特性的影响还有待进一步开展研究。该位点亚基种类较多, 定向导入 $Bx7^{OE}$ 、 $Bx17 + By18$ 、 $Bx7 + By8$ 等公认优质亚基可进一步提高面筋质量。

2.2.3 *Glu-D1* 位点不同亚基对拉伸特性的影响

Glu-D1 位点不同亚基对能量和最大抗延阻力的影响的关系为 $Dx5 + Dy10 > Dx4 + Dy12 > Dx2 + Dy12 > Dx3 + Dy12$, 这也得到了众多学者的验证^[15-18,21], 但在延伸性方面研究结果还存在较大差异, 需在今后的研究中进一步明确。

大量研究表明, *Glu-A1* 位点的 $Ax1$ 、 $Ax2 *$, *Glu-B1* 位点的 $Bx7^{OE}$ 、 $Bx7 + By8$ 或 $By9$ 、 $Bx17 + By18$, *Glu-D1* 位点的 $Dx5 + Dy10$ 是公认的优质亚基^[17,19,22-23], 也是强筋小麦优异品质的主要遗传基础, 在改良面团拉伸特性的同时, 应着重这些优异亚基的定向导入, 特别是 $Dx5 + Dy10$ 亚基可作为强筋小麦品质改良的重点。

3 低分子量麦谷蛋白与面团拉伸特性的关系

3.1 不同基因位点与拉伸特性的关系

小麦低分子量麦谷蛋白亚基占麦谷蛋白总量的 60% 左右, 对二次加工品质具有重要影响, 其含量与能量、最大抗延阻力和延伸性均能达到显

著正相关关系^[24]。*Glu-A3*、*Glu-B3* 和 *Glu-D3* 是控制 LMW-GS 的 3 个基因位点, 不同位对面团拉伸特性影响不同。Zhang 等^[25]认为, *Glu-A3*、*Glu-B3* 对最大抗延阻力、能量的影响均达到显著水平 ($P < 0.01$); *Glu-A3* 对延伸性的影响达到显著水平 ($P < 0.05$); *Glu-B3* 对延伸性及 *Glu-D3* 对面团拉伸特性的影响均为相关不显著。Gupta 等^[26]的研究结果显示, 对最大抗延阻力的贡献大小关系为 $Glu-B3 > Glu-A3 > Glu-D3$ 。晁岳恩^[27]通过建立品质贡献量化评价模型, 量化比较 90 份不同类型面粉蛋白品质, 结果表明, 位于 *Glu-B3*、*Glu-D3* 位点的编码蛋白得分 (7.2 分) 高于 1Dy10 (6.3 分), 推测低分子麦谷蛋白在面团强度方面的贡献可能更大。

3.2 不同 LMW-GS 对面团拉伸特性的影响

不同 LMW-GS 对面团强度和延伸性具有重要影响, 对品质贡献有所不同。一些研究表明, *Glu-A3d*、*Glu-B3g*、*Glu-B3b*、*Glu-D3d*、*Glu-D3f* 等对于面团强度贡献较大^[25-29]; 而 *Glu-A3c*、*Glu-B3i*、*Glu-D3c* 等对面团延伸性贡献较高^[25,30]。也有学者认为 *Glu-A3d*、*Glu-B3g*、*Glu-B3b*、*Glu-D3c* 与强筋结构相关^[31], 具有较高的能量、延伸性和拉伸阻力。通过对 CIMMYT 面包小麦分析, 在不同的等位基因中, *Glu-A3b*、*Glu-A3d*、*Glu-A3f*、*Glu-B3c* 和 *Glu-B3d* 一般与较大的面筋强度、良好的延伸性和较高的面包体积有关, *Glu-A3e* 和 *Glu-B3j* 与总体质量较差相关^[32]。在对优质面条小麦澳白麦商品群体检测时发现, 其 LMW-GS 多以 *Glu-A3b* 和 *Glu-B3b* 为主^[33]。因此, 改良强筋品质时可重点关注 *Glu-A3b*、*Glu-A3d*、*Glu-B3b*、*Glu-B3d* 和 *Glu-B3g* 等优质亚基^[6,25,33] 的利用和集聚。

3.3 HMW-GS 与 LMW-GS 互作可推进强筋小麦品质改良

在强筋小麦品质改良中, HMW-GS 和 LMW-GS 存在显著的互作效应^[34-36], 且 HMW-GS/LMW-GS 与面筋强度呈显著正相关^[37], 对二次加工品质具有重要影响。张留臣等^[34]在对 42 份黄淮麦区小麦品种研究中发现, *Glu-B1/Glu-A3* 和 *Glu-D1/Glu-B3* 位点的互作效应比较显著。Cornish 等^[38]通过试验研究认为 HMW-GS 组合为 $Ax2 *$ 、 $Bx7 + By8$ 、

Dx2+Dy12 时, *Glu-A3b*、*Glu-B3b* 和 *Glu-D3b* 品种延伸性最好。金慧等^[12]利用 Aroona 近等基因系开展研究,结果表明在相同 LMW-GS (*Glu-A3c*、*Glu-B3b*、*Glu-D3c*) 背景下, HMW-GS 对面团强度和面包加工品质影响较大,对延伸性影响较小。因此,由于 HMW-GS 对品质的效应要大于 LMW-GS,在实际品质育种中应遵循 HMW-GS 利用为主、LMW-GS 利用为辅,二者协同改良原则,重点进行 *Glu-1* 与 *Glu-A3*、*Glu-B3* 位点上的优质高、低麦谷蛋白亚基定向集聚^[36],可显著推进强筋小麦品质的遗传改良进程。

4 醇溶蛋白对强筋小麦蛋白质含量及拉伸特性的影响

4.1 显著影响蛋白质含量

小麦醇溶蛋白是由第 1、第 6 同源群染色体短臂上的 *Gli-1*、*Gli-2* 基因位点编码,其谱带严格受基因型控制,几乎不受环境条件影响,且品种间差异显著^[39]。其中,*Gli-1* 位点主要控制 γ 和 ω 型醇溶蛋白,*Gli-2* 位点主要控制 α 和 β 型醇溶蛋白,现已鉴定出 130 个等位变异。研究表明,醇溶蛋白总量及 ω 、 $\alpha\beta$ 和 γ 型醇溶蛋白含量与面粉蛋白质含量呈显著正相关关系^[24,40]。不同迁移率的醇溶蛋白显著影响蛋白质含量,郭超等^[41]对美国材料进行分析,认为迁移率为 49.6、56.2、56.7、62.2、79.4 和 86.8 的谱带与蛋白质含量呈正相关关系,而迁移率为 60.5 的谱带与之呈负相关。姜小苓等^[42]对 301 份国内外不同来源品种(系)开展研究,迁移率为 29.0、30.6、52.2 和 80.7 的谱带与粗蛋白含量呈显著正相关关系,迁移率为 70.5 的谱带呈显著负相关。侯丞志等^[43]对安徽小麦品种进行醇溶蛋白谱带分析,认为迁移率为 21.3、23.6、27.6 和 46.1 的醇溶蛋白与蛋白质含量呈显著正相关,而迁移率为 14.3、18.0、18.7、22.2 和 55.8 的醇溶蛋白与蛋白质含量呈显著负相关。

4.2 影响面团拉伸特性

醇溶蛋白含量对面团拉伸特性影响不同,唐建卫等^[24]的研究结果表明,醇溶蛋白含量与能量和最大抗延阻力均呈负相关关系,与延伸性呈正相关关系,但这些相关均未达到显著水平;其中 α 、 β 型醇溶蛋白含量与能量和最大抗延阻力均呈

显著或极显著负相关关系, γ 型醇溶蛋白含量与延伸性呈显著正相关关系。不同迁移率的醇溶蛋白对面团拉伸特性影响不一。有学者对不同试材^[41,44]开展研究认为,迁移率为 52.5、56.2、56.7、79.4 和 86.8 的谱带与延伸性呈显著正相关,而迁移率为 45.9 的谱带与延伸性呈显著负相关;迁移率为 34.0、62.2、78.1、91.0 的谱带与最大拉伸阻力呈显著正相关,迁移率为 34.4、49.0 和 86.9 的谱带与最大拉伸阻力呈显著负相关;迁移率为 19.5、21.2、24.8、34.0、78.1、80.1 和 91.0 的谱带与能量呈显著正相关,迁移率为 19.9、47.5 和 69.4 的谱带与能量呈显著负相关。

5 醇溶蛋白与麦谷蛋白比例对面团拉伸特性的影响

小麦蛋白质的 80% 为醇溶蛋白和麦谷蛋白,二者比例关系对面筋质量具有重要影响。研究表明,面筋黏弹性的差异主要由醇溶蛋白和谷蛋白含量以及醇溶蛋白与谷蛋白的比值引起的^[45]。在非易位系中,醇溶蛋白与谷蛋白含量比值和能量($r=0.91, P<0.001$)、最大抗延阻力($r=0.88, P<0.001$)呈显著负相关,面团流变学特性较好的品系醇溶蛋白与谷蛋白含量比值均较低^[46]。徐小青等^[8]对醇溶蛋白与谷蛋白不同比例的重组粉进行品质分析,结果表明,随着醇溶蛋白与谷蛋白含量比值的减小,能量先增后减,最大抗延阻力呈增大趋势,延伸度呈现下降的趋势。杨涛等^[47]的研究结果也显示,醇谷比过高导致面筋蛋白黏弹性下降。此外,醇溶蛋白与谷蛋白比值与 LMW 数量呈显著正相关关系($r=0.72$)^[48]。在 HMW-GS 组合一致条件下,降低醇溶蛋白基因的表达量是提高面团强度的有效措施^[49]。

6 展望

麦谷蛋白与醇溶蛋白相互作用决定了小麦面筋蛋白的强度和弹性,对二次加工品质具有重要的影响。由于麦谷蛋白对拉伸特性影响效应较大,在品质改良过程中,很多育种工作者对于高、低分子麦谷蛋白亚基的研究较为深入,明确了优质麦谷蛋白亚基对面团拉伸特性的作用和提高面筋质量的正向效应,并通过杂交育种和分子标记有机结合的方式进行了优异麦谷蛋白亚基的定向

集聚,实现了小麦品质的提升。醇溶蛋白是面筋蛋白的重要组成部分,对小麦蛋白质含量和拉伸特性的影响不容忽视。由于醇溶蛋白谱带严格受基因型控制,利用分子标记手段进行优质醇溶蛋白基因鉴定和导入是可行的。因此,在今后的品质研究中,为进一步提升小麦品质的稳定表达,可在集聚优质高、低分子麦谷蛋白亚基的基础上,协同开展优质醇溶蛋白基因的改良工作,通过合理调控醇溶蛋白优质、劣质基因表达量的方式来确定麦谷蛋白与醇溶蛋白最佳比例,最终实现提高面筋蛋白质量和数量的目的。

参考文献:

- [1] 胡学旭,孙丽娟,周桂英,等. 2006—2015 年中国小麦质量年度变化[J]. 中国农业科学,2016,49(16):3069-3072.
- [2] 汤泽慧. 中国小麦进出口现状及依存度分析[J]. 农业展望,2018,14(7):85-87.
- [3] 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),2018,39(6):119-124.
- [4] KOGA S, BÖKER U, MOLDESTADA, et al. Influence of temperature during grain filling on gluten viscoelastic properties and gluten protein composition[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture,2015,96(1):122-130.
- [5] 王晓曦,付苗苗. 小麦胚乳中蛋白质组分分布及其对面团流变学特性影响的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2007(3):9-12.
- [6] 杨雪峰,宋维富,张延滨,等. 东北春麦区小麦品种(系)低分子量麦谷蛋白基因 *Glu-A3d* 和 *Glu-B3g* 的分子检测[J]. 黑龙江农业科学,2016(12):13-17.
- [7] 马斯霜,白海波,惠建,等. 小麦主要品质性状研究进展[J]. 中国农学通报,2021,37(24):1-5.
- [8] 徐小青,郭祯祥,郭嘉. 麦醇溶蛋白与麦谷蛋白比值对面团特性的影响[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2020,41(2):27-33.
- [9] 司学芝,周长智,王金水. 麦谷蛋白和醇溶蛋白对小麦粉面团流变学特性影响的研究[J]. 河南工业大学学报(自然科学版),2006(5):22-25.
- [10] 高振贤,李亚青,田国英,等. 小麦高分子量麦谷蛋白亚基组成和检测研究进展[J]. 中国农学通报,2018,34(16):35-41.
- [11] 毛沛,李宗智,卢少源. 小麦高分子量麦谷蛋白亚基对面包烘烤品质的效应分析[J]. 华北农学报,1995(S1):55-59.
- [12] 金慧,何中虎,李根英,等. 利用 Aroona 近等基因系研究高分子量麦谷蛋白亚基对面包加工品质的影响[J]. 中国农业科学,2013,46(6):1095-1103.
- [13] 张影全,张晓科,魏益民,等. 高分子量麦谷蛋白亚基对小麦蛋白质品质特性的影响[J]. 西北农业学报,2013,22(1):48-53.
- [14] 高翔,李硕碧. 小麦高分子量谷蛋白亚基对加工品质影响的效应分析[J]. 西北植物学报,2002(4):47-55.
- [15] 王倩,任文斌,邱玉亮,等. 49 份山西水地小麦品系的 HMW-GS 组成及品质分析[J]. 中国农学通报,2020,36(14):11-15.
- [16] 张国增,郑学玲,钟葵,等. 小麦面粉蛋白品质与其加工特性的关系[J]. 核农学报,2012,26(7):1012-1017.
- [17] 范家霖,陈晓杰,张建伟,等. 高分子量麦谷蛋白亚基组成及其与小麦品质性状的关系分析[J]. 麦类作物学报,2021,41(5):544-552.
- [18] 张剑,马冬云,张艳苹,等. 小麦 HMW-GS 对面粉及馒头品质的影响[J]. 食品与发酵工业,2015,41(1):74-79.
- [19] 宋维富,杨雪峰,张延滨,等. 东北春麦区小麦品种(系)Bx7 亚基超量表达基因(*Bx7^{OE}*)的分子检测[J]. 黑龙江农业科学,2017(7):1-4.
- [20] LI J, HAN C X, ZHEN S M, et al. Characterization of HMW glutenin subunit Bx7^{OE} and its distribution in common wheat and related species[J]. Plant Genetic Resources Characterization and Utilization,2014,12(2):191-198.
- [21] 宋庆杰. 小麦 *Glu-D1* 位点近等基因系间谷蛋白大聚合体含量差异及其与品质的关系[J]. 黑龙江农业科学,2010(9):99-101.
- [22] 杨丹,姚金保,杨学明,等. 北方麦区小麦品种高分子量谷蛋白亚基组成及其与品质性状的关系[J]. 江苏农业学报,2015,31(2):241-246.
- [23] 李春鑫,赵明忠,韩留鹏,等. 黄淮海区 41 个小麦品种(系)品质相关基因的分子检测[J]. 河南农业科学,2022,51(2):18-27.
- [24] 唐建卫,刘建军,张平平,等. 贮藏蛋白组分对小麦面团流变学特性和食品加工品质的影响[J]. 中国农业科学,2008(10):2937-2946.
- [25] ZHANG X F, JIN H, ZHANG Y, et al. Composition and functional analysis of low-molecular-weight glutenin alleles with Aroona near-isogenic lines of bread wheat[J]. BMC Plant Biology,2012,12(1):243.
- [26] GUPTA R B, PAUL J G, CORNISH G B, et al. Allelic variation at glutenin subunit and gliadin loci, *Glu-1*, *Glu-3* and *Gli-1* of common wheats. I. Its additive and interaction effects on dough properties[J]. Journal of Cereal Science,1994,19(1):9-17.
- [27] 晁岳恩. 小麦面粉蛋白质量评价模型构建及蛋白质量再评价[J]. 麦类作物学报,2022,42(8):980-987.
- [28] 马丽,白升升,亢玲,等. 宁夏小麦 *Glu-A3* 与 *Glu-B3* 位点等位变异组成分析[J]. 西北农业学报,2018,27(2):175-181.
- [29] SHIKHA S, SEWA R, RANJANG, et al. Development of functional marker for distinguishing *Glu-B3b* allele of LMW-GS found in Indian common wheat cultivars[J]. Journal of Cereal Science,2013,57(3):245-248.
- [30] 梁伟光,刘兴舟,郭凤芝,等. 编码 *Glu-A3* 位点低分子量麦谷蛋白亚基的基因在山东小麦中的分布[J]. 山东农业科学,2009(9):1-4.

- [31] AKTAŞ H,SENER O. Effect of HMW and LMW glutenin alleles on quality traits of bread wheat[J]. Genetika,2020, 52(1):257-271.
- [32] GUZMÁN C,CROSSA J,MONDAL S,et al. Effects of glutenins(*Glu-1* and *Glu-3*)allelic variation on dough properties and bread-making quality of CIMMYT bread wheat breeding lines[J]. Field Crops Research,2022;284.
- [33] 李式昭,伍玲,郑建敏,等. 优质面条商品小麦澳白麦相关品质基因的分子标记鉴定[J]. 中国农业科学,2012,45(18): 3677-3687.
- [34] 张留臣,胡琳,余大杰,等. 低分子量谷蛋白亚基 *Glu-A3* 和 *Glu-B3* 位点对小麦面筋强度和烘焙特性影响[J]. 华北农学报,2007(4):162-167.
- [35] LIU L,HE Z H,MA W J,et al. Allelic variation at the *Glu-D3* locus in Chinese bread wheat and effects on dough properties,pan bread and noodle qualities[J]. Cereal Research Communications, 2009,37(1):57-64.
- [36] 宋维富,杨雪峰,宋庆杰,等. 低分子量麦谷蛋白亚基种类与强筋小麦品质关系[J]. 黑龙江农业科学,2018(2):133-135.
- [37] 刘丽,杨金华,胡银星,等. 麦谷蛋白亚基与小麦品质的关系研究进展[J]. 中国农业科技导报,2012,14(1):33-42.
- [38] CORNISH G B,BURRIDGE P M,PALMER G A,et al. Mapping the origins of some HMW and LMW glutenin subunit alleles in Australian germplasm [C]. Sydney: Proceeding of 42nd Australia Cereal Chemistry Conference, 1993:255-260.
- [39] 张学勇,杨欣明,董玉琛. 醇溶蛋白电泳在小麦种质资源遗传分析中的应用[J]. 中国农业科学,1995(4):26-33.
- [40] 张平平,陈东升,张勇,等. 春播小麦醇溶蛋白组成及其对品质性状的影响[J]. 作物学报,2006(12):1796-1801.
- [41] 郭超,刘红,陈新宏,等. 部分美国小麦种质资源醇溶蛋白遗传多样性分析及其亚基对品质性状的影响[J]. 植物遗传资源学报,2014,15(6):1173-1181.
- [42] 姜小苓,张自阳,李小军,等. 301 份小麦种质醇溶蛋白遗传多样性及其与品质性状的相关性分析[J]. 中国粮油学报,2017,32(11):14-20.
- [43] 侯丞志,汪辉,吴豪,等. 安徽小麦品种醇溶蛋白遗传多样性及其与品质性状的相关性研究[J]. 麦类作物学报, 2019,39(5):540-548.
- [44] 聂莉,芦静,黄天荣,等. 部分新疆小麦材料的醇溶蛋白组成及其对品质性状的影响[J]. 麦类作物学报,2010,30 (4):749-754.
- [45] JOSE C B,MERVE Y E,JOZEF L K. Understanding the role of gluten subunits (LMW, HMW glutenins and gliadin) in the networking behavior of a weak soft wheat dough and a strong semolina wheat flour dough and the relationship with linear and non-linear rheology[J]. Food Hydrocolloids,2020,11(108). DOI: 10. 1016/j. foodhyd. 2020. 106002
- [46] 赵德辉,阎俊,黄玉莲,等. 1BL/1RS 易位对小麦贮藏蛋白组分含量和面团流变学特性的影响[J]. 作物学报,2015, 41(11):1648-1656.
- [47] 杨涛,王沛,周琴,等. 醇溶蛋白和麦谷蛋白配比对饼干品质的影响[J]. 食品科学,2020,41(6):8-15.
- [48] DHAKA V,KHATKAR B S. Effects of Gliadin/Glutenin and HMW-GS/LMW-GS ratio on dough rheological properties and bread-making potential of wheat varieties[J]. Journal of Food Quality,2015,38(2):71-82.
- [49] 晁岳恩,李文旭,王沙沙,等. 不同面团强度小麦品种差异表达贮藏蛋白基因分析[J/OL]. 河南农业科学: 1-13. (2022-09-21)[2022-10-23]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1092.S.20220921.1941.008.html>.

Research Progress on Effect of Wheat Gluten Protein on Main Tensile Properties of Dough

YANG Xuefeng^{1,2}, SONG Weifu¹, LIU Dongjun¹, ZHAO Lijuan¹, QIU Lin¹, SONG Qingjie¹, ZHANG Chunli¹, XIN Wenli¹

(1. Institute of Crop Resources, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China;
2. Agricultural Science Research Institute of the 10th Agricultural Division of Xinjiang Production and Construction Corps, Beitun 836000, China)

Abstract: In order to accelerate the course of quality improvement of wheat, the effect of gluten protein components on dough tensile properties were reviewed and the effective way to improve wheat quality were discussed in this paper. In order to improve wheat gluten protein quality, on the basis of elite HMW-GS and LMW-GS pyramiding, the optimum proportion of glutenin and gliadin would be determined by rational control of elite gene expression of gliadin.

Keywords: wheat; gluten protein; tensile properties; effect