

添加糯小麦粉对小麦粉及其面条品质特性的影响

刘爱峰, 王灿国, 程敦公, 孙正娟, 李豪圣, 宋健民, 曹新有, 赵振东, 刘建军*

(山东省农业科学院作物研究所, 农业部黄淮北部小麦生物学与遗传育种重点实验室,

小麦玉米国家工程实验室, 山东 济南 250100)

摘 要: 糯小麦与普通小麦的主要差异是糯小麦不含直链淀粉或其含量很低, 其对面制品的制作品质产生一定的影响。本研究利用“济糯1号”分别与“济麦20”和“济麦22”按20%、40%、60%和80%的添加量进行配粉, 研究糯小麦粉对普通小麦粉品质特性的影响及其面条制品品质的改良作用。结果表明: “济糯1号”的淀粉糊化回升值为449 cP, 显著低于“济麦20”和“济麦22”; 籽粒硬度达64.89, 籽粒蛋白质含量(干基)达16.14%, 面筋指数为66.08%, 粉质仪稳定时间为2.00 min, 鲜面条色泽变化小, 2 h和24 h的 ΔE^* 分别为3.83和5.29; “济糯1号”与“济麦20”的配粉中, 随糯小麦粉添加量的增加, 配粉的淀粉回升值降低, 面筋指数降低, 吸水率增加, 面团稳定时间变短, 鲜面条色泽2 h和24 h的 ΔE^* 逐渐变小, 配粉面条的适口性和光滑性更好; “济糯1号”与“济麦22”的配粉中, 随糯小麦粉添加量的增加, 面粉蛋白含量增加、面筋指数升高、吸水率增加、淀粉糊化的回升值降低, 鲜面条色泽2 h和24 h的 ΔE^* 逐渐变小, 配粉的面条制作品质好, 面条的适口性和光滑性均改善; 糯小麦粉的添加使配粉的面粉品质特性和淀粉特性更有利于面条制作品质的改良, “济糯1号”适宜添加量为20%~40%。

关键词: 糯小麦; 配粉; 品质; 面条

Quality Characteristics of Waxy Wheat Flour Blending with Non-Waxy Wheat Flour and Its Effect on Noodle-Making Quality

LIU Aifeng, WANG Canguo, CHENG Dungong, SUN Zhengjuan, LI Haosheng, SONG Jianmin, CAO Xinyou, ZHAO Zhendong, LIU Jianjun*

(Key Laboratory of Wheat Biology & Genetic Improvement on North Yellow & Huai River Valley, Ministry of Agriculture,

National Engineering Laboratory for Wheat & Maize, Crop Research Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan 250100, China)

Abstract: No or very low amylose is one of the major quality attributes in waxy wheat that distinguishes it from common wheat and greatly affects the food-making quality. In the present study, the flour of ‘Jinuo 1’ waxy wheat, was blended with the flour of common wheat cultivars, ‘Jimai 20’ and ‘Jimai 22’, in four different proportions to investigate the effect of waxy flour on quality characteristics of common wheat flour as well as on improving its noodle-making quality. The results showed that the setback value of starch from ‘Jinuo 1’ wheat flour was 449 cP, which was significantly lower than that of ‘Jimai 20’ and ‘Jimai 22’ wheat flour, grain hardness was 64.89, grain protein content was 16.14% on a dry basis, gluten index was 66.08%, and dough stability time was 2.0 min. Meanwhile, the color of fresh dough sheet varied little with ΔE^* values of 3.83 and 5.29 at 2 and 24 h, respectively. For the flour blends from ‘Jinuo 1’ and ‘Jimai 20’ cultivars, with increasing ratio of waxy flour to common wheat flour, the setback value of starch and gluten index decreased, water absorption increased, dough stability time shorten, the ΔE^* value of dough sheet at 2 and 24 h decreased gradually, and both palatability and smoothness were improved. For the flour blends from ‘Jinuo 1’ and ‘Jimai 22’ cultivars, the quality traits including flour protein content, gluten index and water absorption increased, the setback value of starch decreased, the ΔE^* value of dough sheet at 2 and 4 h decreased gradually, and the noodle-making quality as well as the noodle taste quality including palatability and smoothness improved with increasing percentage of waxy flour. In conclusion, the addition of waxy wheat flour to common wheat flour could result in improved flour quality and starch characteristics and in turn improved noodle quality. The optimum amount of added waxy wheat flour was 20%–40%.

Key words: waxy wheat; wheat flour blend; quality; noodle

收稿日期: 2016-03-14

基金项目: “十三五”国家重点研发计划“七大农作物育种”重点专项(2016YFD0100500);

国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-03); 泰山学者种业计划建设工程专项

作者简介: 刘爱峰(1969—), 女, 研究员, 博士, 主要从事小麦高产优质新品种选育研究。E-mail: liuaifeng16@126.com

*通信作者: 刘建军(1963—), 男, 研究员, 硕士, 主要从事小麦高产优质广适新品种选育研究。E-mail: ljjsaas@163.com

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201703016

中图分类号: TS235.9

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2017) 03-0094-07

引文格式:

刘爱峰, 王灿国, 程敦公, 等. 添加糯小麦粉对小麦粉及其面条品质特性的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(3): 94-100.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201703016. <http://www.spkx.net.cn>LIU Aifeng, WANG Canguo, CHENG Dungong, et al. Quality characteristics of waxy wheat flour blending with non-waxy wheat flour and its effect on noodle-making quality[J]. Food Science, 2017, 38(3): 94-100. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201703016. <http://www.spkx.net.cn>

随着人们饮食习性的多样化, 糯性食品由于其独特的食品特性逐渐受到人们的青睐, 糯性小麦品种的选育及其在食品加工业中的应用也逐渐成为社会关注的焦点之一。小麦的糯性由7A、4A、7D染色体上的3对隐性基因(*Wx-A1b*、*Wx-B1b*、*Wx-D1b*)控制, 只有当这3对基因同时纯合或缺失时才成为全糯质突变体, 即糯小麦^[1-3]。糯小麦与普通小麦的主要差异是淀粉组成成分, 普通小麦淀粉中含有20%~30%的直链淀粉和70%~80%的支链淀粉, 而糯小麦不含直链淀粉或直链淀粉的含量很低(<2%)^[4-6]。自然界中不存在糯小麦突变体, 它的出现需要育种者采用一定的育种手段和方法。第一个全糯小麦是采用人工杂交遗传重组方式育成的^[1], 利用甲基磺酸乙酯诱变也曾获得全糯植株^[7], 澳大利亚、美国、中国也相继培育出了全糯小麦品种(系)^[8-11]。

糯小麦粉与普通小麦粉的最大区别在于淀粉的糊化和回生特性。糯小麦粉的淀粉糊化温度和差示扫描量热法测定起始温度均相对较低, 持水能力和膨胀能力强, 回生老化程度小, 冻融稳定性好, 淀粉透明度、膨胀势和峰值黏度低于马铃薯、木薯、糯玉米等^[12-13], 可以广泛地应用于特色食品的开发及冷藏和速冻食品的生产, 如糯小麦粉添加到小麦粉中能够提高速冻产品的质量和口感^[14]。糯小麦粉的糊化和回生是东方传统食品高水分的主要因素, 其特殊的淀粉组成在面制品和淀粉加工中发挥着重要作用。糯小麦粉较低的直链淀粉含量有助于改善面包的品质, 延长面包的货架期^[15], 适量添加糯小麦粉的馒头风味较好, 可作为一种新型产品^[16], 添加量为25.0%的糯小麦粉配粉可使馒头具有较好的质构, 感官评分达最大值^[17], 而添加量为8%的糯小麦粉可以制作出口感和贮藏性能俱佳的馒头产品^[18]。糯小麦粉还可以制作糕点类特色食品, 并可作为食品包装纸、浓缩剂、浆糊和环保塑料等的添加成分^[19]。糯小麦粉添加到普通小麦粉中能够改善面条的感官和质构特性^[20-23], 延长鲜湿面条的货架期^[24]。糯小麦粉的添加对强筋小麦粉的面团特性、淀粉特性及面条制作品质的影响是本研究的出发点和拟解决的主要问题。本研究分析添加不同比例糯小麦粉后, 配粉的面粉品质、面团流变学特性及面条制作品质的变化, 以

期为糯小麦品种的选育及其在面条加工中的利用提供一定的理论参考。

1 材料与方法

1.1 材料

选用糯小麦新品系“济糯1号”, 该品系是利用“冀糯200”与“郑麦366”杂交, 经过多代I2-KI籽粒染色和农艺性状的选择, 及对粒色进行选择, 最终选育出白粒且全糯(同时缺失*Wx-A1*、*Wx-B1*、*Wx-D1*基因)的糯性小麦新品系; 同时选用强筋小麦“济麦20”和中筋小麦“济麦22”, 作为配粉用品种。实验材料均由山东省农业科学院作物研究所小麦育种团队选育和保存。

1.2 仪器与设备

MLU-202型自动实验磨粉机 德国Buhler公司; DA7200型近红外分析仪、SKCS4100型单粒谷物特性测定仪、110型降落值仪、Newport Scientific RVA-4型快速黏度仪、2200型面筋仪 瑞典Perten公司; WSB-IV型白度仪 杭州大成光电科技有限公司; National NSI-33R型揉混仪、National 13ED型和面机 德国美最时公司; 810152电子型粉质仪 德国Brabender公司; CR-400型分光色差仪 日本Konica Minolta公司; JMTD-1681140型实验面条机、JXFD7型醒发箱 北京东方孚德技术发展中心。

1.3 方法

1.3.1 配粉处理

将“济糯1号”面粉按0、20%、40%、60%、80%和100%的添加量分别与“济麦20”和“济麦22”面粉混合, 形成12种配粉(表1)。

表1 实验用粉及添加量

Table 1 Ratios of 'Jinuo 1' waxy wheat flour added to common wheat flour

编号	添加量/%		编号	添加量/%	
	“济糯1号”	“济麦20”		“济糯1号”	“济麦22”
1	0	100	7	0	100
2	20	80	8	20	80
3	40	60	9	40	60
4	60	40	10	60	40
5	80	20	11	80	20
6	100	0	12	100	0

1.3.2 质量特性测定

参考文献[25], 用自动实验磨粉机制粉。利用DA7200型近红外分析仪测定籽粒蛋白质含量和配粉蛋白质含量; 单粒谷物特性测定仪测定籽粒硬度; 白度仪测定配粉白度; 降落值仪测定配粉的降落值; 面筋仪测定面粉的湿面筋含量和面筋指数, 相关指标计算公式如下:

$$\text{湿面筋含量}/\% = \frac{\text{留存湿面筋质量}/\text{g} + \text{滤过湿面筋质量}/\text{g}}{\text{面粉质量}/\text{g}} \times 100 \quad (1)$$

$$\text{面筋指数}/\% = \frac{\text{留存湿面筋质量}/\text{g}}{\text{留存湿面筋质量}/\text{g} + \text{滤过湿面筋质量}/\text{g}} \times 100 \quad (2)$$

National揉面仪测定面团揉混特性; 粉质仪测定面粉特性; 快速黏度仪测定淀粉糊化特性; 采用便携式分光色差仪CR-400测定鲜面片0、2 h和24 h的 L^* 、 a^* 、 b^* 值, 然后按式(3)计算色差 ΔE^* :

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2} \quad (3)$$

面条制作与评价参照GB/T 17320—2013《小麦品种品质分类》^[26], 称取100 g面粉(14%湿基), 加水量为面粉吸水率的50%~60%, 水温为25℃左右, 和面1.5 min, 使面粉和水的混合物呈细颗粒状, 将料坯放入不锈钢碗中在室温条件下保湿静置30 min。用电动压面机在轧辊间距4 mm处将料坯压成片, 先折3折压片2次、后对折压片2次, 然后在轧距为3、2、1 mm处各压片1次, 之后将面片切成2 mm宽的细长面条束挂在圆木棍上, 放入40℃、相对湿度为65%的醒发箱内, 干燥8~10 h后打开箱门室温条件下干燥10 h后取出备用。干白面条在沸水中煮7~8 min, 白芯消失时, 迅速捞出并用冷水冲凉, 将面条放到不锈钢碗中^[27]。由5~6名经过专业培训的人员组成面条品尝评价小组, 对面条进行外观和品尝计分。

1.4 数据处理

磨粉实验重复1次, 品质分析实验重复3次, 用Excel软件进行单因素方差分析(one-way analysis of variance, ANOVA)及相关数据处理。

2 结果与分析

2.1 “济糯1号”小麦的品质特性

2.1.1 籽粒和面粉品质

表2 “济糯1号”的籽粒和面粉品质

Table 2 Grain and flour quality characteristics of ‘Jinuo 1’ wheat flour

品种	籽粒蛋白质含量/%*	面粉蛋白质含量/%**	硬度	白度	降落值/s	面筋指数/%	湿面筋含量/%
“济糯1号”	16.14 ^{aA}	12.58 ^{aA}	64.89 ^{bB}	73.65 ^a	85.5 ^{cC}	66.08 ^{bB}	34.88 ^{bA}
“济麦20”	15.67 ^{aA}	12.52 ^{aA}	70.08 ^{aA}	75.05 ^a	638.0 ^{aA}	99.57 ^{aA}	34.69 ^{bA}
“济麦22”	14.72 ^{aA}	10.99 ^{bB}	73.19 ^{aA}	73.65 ^a	537.5 ^{bB}	44.18 ^{cC}	36.39 ^{aA}

注: 同列肩标大写字母不同表示差异极显著($P < 0.01$); 小写字母不同表示差异显著($P < 0.05$); *, 以干基计; **, 以14%湿基计。下同。

由表2可知, “济糯1号”籽粒硬度值为64.89, 显著低于“济麦20”和“济麦22”; “济糯1号”籽粒蛋白质含量为16.14%, 高于“济麦20”(15.67%); “济糯1号”面粉蛋白质含量为12.58%, 与“济麦20”无显著差异; “济糯1号”湿面筋含量为34.88%, 与“济麦20”无显著差异, 而显著低于“济麦22”; “济糯1号”面筋指数显著低于“济麦20”而高于“济麦22”; “济糯1号”的面粉呈微黄, 白度值为73.65, 低于“济麦20”; 降落值仅有85.5 s, 极显著低于“济麦20”和“济麦22”。这说明“济糯1号”既具有糯性淀粉高 α -淀粉酶活性, 同时又具有一定的蛋白质含量和较好的面筋品质。

2.1.2 面团流变学特性

表3 “济糯1号”的面团流变学特性

Table 3 Dough rheological characteristics of ‘Jinuo 1’ wheat flour

品种	吸水率/%	粉质仪参数			揉混仪参数			
		形成时间/min	稳定时间/min	质量指数	形成时间/min	峰值宽度/B.U	8 min带宽/B.U	衰落角/B.U
“济糯1号”	80.6 ^{aA}	3.9 ^{bB}	2.00 ^{bB}	53 ^{bB}	1.95 ^{bB}	19.52 ^{bB}	4.56 ^{bB}	-11.94 ^{aA}
“济麦20”	65.0 ^{cC}	9.0 ^{aA}	19.25 ^{aA}	232 ^{aA}	3.32 ^{aA}	27.17 ^{aA}	13.62 ^{aA}	-1.16 ^{cC}
“济麦22”	68.3 ^{bB}	3.3 ^{bB}	2.25 ^{bB}	53 ^{bB}	2.20 ^{bB}	20.67 ^{bB}	5.12 ^{bB}	-6.80 ^{bB}

由表3可知, “济糯1号”面粉的粉质特性(形成时间、稳定时间、质量指数)及揉混特性(形成时间、峰值宽度、8 min带宽和衰落角)均极显著低于“济麦20”, 与“济麦22”无显著差异, 说明“济糯1号”的面团品质属于中筋水平; 此外, “济糯1号”面粉吸水率高达80.6%, 极显著高于“济麦20”和“济麦22”, 有利于提高食品加工的产出率。

2.1.3 淀粉糊化特性

表4 “济糯1号”的淀粉糊化特性

Table 4 Starch pasting properties of ‘Jinuo 1’ wheat flour

品种	淀粉品质特性						
	峰值黏度/cP	保持黏度/cP	稀懈值/cP	终黏度/cP	回升值/cP	峰值时间/min	糊化温度/℃
“济糯1号”	2 747 ^{aA}	1 164 ^{cC}	1 583 ^{aA}	1 613 ^{cC}	449 ^{bB}	3.60 ^{bB}	66.2 ^{bB}
“济麦20”	2 951 ^{aA}	2 050 ^{aA}	901 ^{bB}	3 713 ^{aA}	1 663 ^{aA}	6.13 ^{aA}	66.1 ^{bB}
“济麦22”	2 209 ^{bB}	1 619 ^{bB}	590 ^{cC}	3 135 ^{bB}	1 516 ^{aA}	6.13 ^{aA}	85.05 ^{aA}

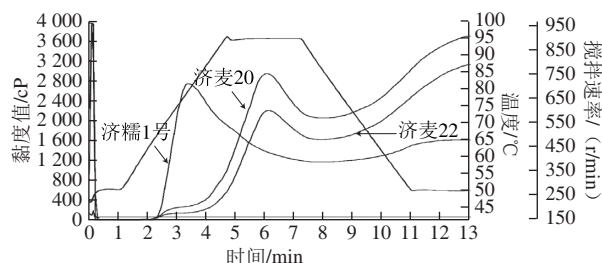


图1 “济糯1号”与“济麦20”和“济麦22”的淀粉糊化曲线
Fig. 1 Starch pasting curves of ‘Jinuo 1’ wheat flour and common wheat flour

由图1可知,“济糯1号”面粉的淀粉糊化曲线不同于“济麦20”和“济麦22”,差异主要表现在峰值时间、回升值、终黏度、保持黏度和稀懈值。“济糯1号”的峰值时间仅有3.60 min,显著低于“济麦20”和“济麦22”;终黏度为1 613 cP,回升值为449 cP,保持黏度为1 164 cP,均显著低于“济麦20”和“济麦22”;稀懈值为1 583 cP,显著高于“济麦20”和“济麦22”。这说明“济糯1号”的淀粉较“济麦20”和“济麦22”更容易凝胶化,凝胶化的状态更倾向于液体化,淀粉分子间不容易发生重排结晶,进而不易发生老化作用,表现为食品的货架期相对较长^[15,24]。

2.2 “济糯1号”对非糯性小麦配粉品质的影响

2.2.1 面粉品质

表5 “济糯1号”对配粉的面粉品质的影响
Table 5 Effect of addition of ‘Jinuo 1’ wheat flour on characteristics of flour blends

编号	蛋白质含量/%**	白度	降落值/s	面筋仪参数		
				干面筋/g	面筋指数/%	湿面筋含量/%
1	12.52 ^a	75.05 ^a	638.0 ^{aA}	1.24 ^a	99.57 ^{aA}	34.69 ^a
2	12.35 ^a	74.80 ^a	349.5 ^{bB}	1.43 ^a	87.12 ^{bB}	34.97 ^a
3	12.39 ^a	74.35 ^a	273.0 ^{cC}	1.21 ^a	80.95 ^{cB}	34.04 ^a
4	12.41 ^a	74.45 ^a	106.5 ^{dD}	1.55 ^a	48.63 ^{dD}	34.20 ^a
5	12.45 ^a	74.00 ^a	77.0 ^{eE}	1.05 ^a	61.53 ^{dC}	33.01 ^a
6	12.58 ^a	73.65 ^a	85.5 ^{eE}	1.09 ^a	66.08 ^{dC}	34.88 ^a
7	10.99 ^b	73.65 ^a	537.5 ^{aA}	1.19 ^a	44.18 ^{cB}	36.39 ^{bA}
8	11.62 ^a	74.60 ^a	405.0 ^{bB}	1.39 ^a	46.37 ^{bB}	40.08 ^{aA}
9	11.89 ^a	74.35 ^a	240.0 ^{cC}	1.06 ^a	48.42 ^{bB}	32.35 ^{cA}
10	12.06 ^a	74.40 ^a	105.5 ^{dD}	1.21 ^a	42.82 ^{cB}	36.78 ^{bA}
11	12.43 ^a	74.35 ^a	76.0 ^{eE}	1.16 ^a	69.42 ^{aA}	33.18 ^{cA}
12	12.58 ^a	73.65 ^a	85.5 ^{eE}	1.09 ^a	66.08 ^{aA}	34.88 ^{cA}

由表5可知,随“济糯1号”面粉添加量的增加,配粉的面粉品质发生了一定的变化。“济麦20”配粉(2~5号)的蛋白质含量与100%“济麦20”(1号)差异不明显;白度值随添加量的增加下降,但幅度较小;降落值随添加量的增加逐渐降低,说明“济麦20”配粉的 α -淀粉酶活性增强;2、4号“济麦20”配粉的干面筋值高于100%“济麦20”(1号);面筋指数降低,2、3号“济麦20”配粉的面筋指数低于100%“济麦20”(1号)而高于100%“济糯1号”(12号);所有配粉之间湿面筋含量变化幅度较小。8~11号“济麦22”配粉的蛋白质含量逐渐增高;白度值增加,但增加幅度较小;降落值极显著降低($P<0.01$);8、10号“济麦22”配粉的干面筋值高于100%“济糯1号”(12号)和100%“济麦22”(7号);8、9号“济麦22”配粉的面筋指数高于100%“济麦22”(7号);8号“济麦22”的湿面筋含量高于“济糯1号”(12号)和“济麦22”(7号)。综上所述,糯小麦粉的添加对面粉品质影响较大的是降落值和面筋指数;2、3号“济

麦20”配粉的降落值在270~350 s范围内,面筋指数>80%,有利于面条的制作;8、9号“济麦22”配粉的降落值分别为405 s和240 s,面筋指数在46%~49%范围内。

2.2.2 面团流变学特性

表6 “济糯1号”添加量对配粉的面团流变学特性的影响
Table 6 Effect of ‘Jinuo 1’ on dough rheological characteristics of flour blends

编号	吸水率/%	粉质仪参数				揉混仪参数			
		形成时间/min	稳定时间/min	弱化度	质量指数	形成时间/min	峰值宽度/B.U	8 min带宽/B.U	衰落角/B.U
1	65.0 ^{dD}	9.0 ^{aA}	19.25 ^{aA}	21 ^{cd}	232 ^{aA}	3.32 ^{aA}	27.17 ^{aA}	13.62 ^{aA}	-1.16 ^{cD}
2	67.0 ^{cd}	7.0 ^{bAB}	11.0 ^{bB}	44 ^{bd}	171 ^{bB}	3.39 ^{aA}	24.62 ^{bAB}	11.18 ^{aA}	-5.22 ^{cdB}
3	69.5 ^{cd}	6.0 ^{bBC}	5.5 ^{cC}	83 ^{cC}	101 ^{cC}	2.86 ^{abA}	21.24 ^{cdB}	5.42 ^{bb}	-6.58 ^{cdB}
4	73.0 ^b	5.8 ^{cdB}	4.0 ^{cdD}	122 ^{bb}	76 ^{cd}	2.51 ^{bcAB}	21.10 ^{cdB}	4.48 ^{bb}	-7.16 ^{bcAB}
5	75.5 ^b	4.5 ^{cdD}	3.0 ^{deD}	135 ^{aA}	66 ^{cd}	2.16 ^{cdBC}	19.86 ^{deD}	5.06 ^{bb}	-8.97 ^{ba}
6	80.6 ^a	3.9 ^{dD}	2.0 ^{deE}	—	53 ^{cd}	1.95 ^{cdBC}	19.52 ^{deD}	4.56 ^{bb}	-11.94 ^{aA}
7	68.3 ^{de}	3.3 ^a	2.25 ^a	94 ^{cd}	53 ^a	2.2 ^a	20.67 ^b	5.12 ^a	-6.80 ^c
8	69.6 ^{de}	3.5 ^a	2.6 ^a	102 ^{cd}	55 ^a	2.0 ^a	19.80 ^b	3.90 ^a	-7.77 ^{bc}
9	71.7 ^{cd}	3.6 ^a	2.7 ^a	114 ^{bb}	56 ^a	1.84 ^a	20.28 ^b	4.22 ^a	-7.82 ^{bc}
10	74.0 ^{bc}	3.9 ^a	2.0 ^a	149 ^{aA}	54 ^a	2.2 ^a	22.92 ^a	5.30 ^a	-9.23 ^{ab}
11	77.0 ^{ab}	3.9 ^a	2.0 ^a	144 ^{aA}	56 ^a	2.17 ^a	23.27 ^a	4.45 ^a	-10.37 ^a
12	80.6 ^a	3.9 ^a	2.0 ^a	—	53 ^a	1.95 ^a	19.52 ^b	4.56 ^a	-11.94 ^a

注:—,无数据。

由表6可知,随糯性小麦粉“济糯1号”添加量的增加,配粉的面团流变学特性发生了一定变化。所有配粉的吸水率均显著增高;1~6号“济麦20”配粉的粉质仪参数如形成时间、稳定时间、质量指数均依次降低,弱化度依次增大,揉混仪参数如形成时间、峰值宽度依次减小,8 min带宽变短,衰落角变大。2、3号“济麦20”配粉的面团流变学特性较好;7~12号“济麦22”配粉的粉质仪参数形成时间增加但幅度小,稳定时间和质量指数变化不显著,弱化度依次增大;揉混仪参数形成时间、8 min带宽变化不显著,10、11号配粉的峰值宽度显著高于100%“济糯1号”(12号)和100%“济麦22”(7号),衰落角逐渐增大。结果说明糯小麦粉“济糯1号”的添加显著提高了配粉的吸水率;强筋小麦“济麦20”配粉的面团耐柔性降低,但仍达中等筋力水平,对与其筋力相当的“济麦22”配粉的面团的耐柔性没有产生负向效应,筋力水平改变不明显。

2.2.3 淀粉糊化特性

由表7可知,随“济糯1号”面粉添加量的增加,2~5号“济麦20”配粉的峰值黏度、保持黏度、终黏度、回升值和峰值时间均下降,糊化温度变化很小;稀懈值先下降后升高;当“济麦20”添加量为80%(2号)时,配粉的回升值显著下降,说明这种配比的配粉由于支链淀粉含量的增加使直链淀粉分子间的重排能力迅速降低,不容易再次形成结晶;3号配粉聚合了非糯性小麦的高峰值黏度和糯性小麦的低回升值特性。同样,

8~11号“济麦22”配粉的峰值黏度、保持黏度、终黏度、回升值、峰值时间等也均有不同程度的下降；当“济糯1号”添加量为80%（11号）时，配粉的稀懈值急剧升高；配粉的糊化温度均趋向于糯性小麦粉的糊化温度，无梯度变化；8、9号“济麦22”配粉聚合了非糯性小麦和糯性小麦淀粉特性的优点。由图2可知，添加不同比例糯小麦粉配粉的糊化曲线存在一定差异，当“济糯1号”的添加量低于40%（2、3号）时，配粉的曲线与100%“济糯1号”（1号）的曲线走势基本一致，当“济糯1号”添加量达到60%（4号）时，配粉的曲线与原粉的曲线差异明显。

表 7 “济糯1号”添加量对配粉的淀粉糊化特性的影响

Table 7 Effect of addition of ‘Jinuo 1’ wheat flour on starch pasting properties of flour blends							
编号	淀粉糊化特性						
	峰值黏度/cP	保持黏度/cP	稀懈值/cP	终黏度/cP	回升值/cP	峰值时间/min	糊化温度/℃
1	2 951 ^{aA}	2 050 ^{aA}	901 ^{bBC}	3 713 ^{aA}	1 663 ^{aA}	6.13 ^{aA}	66.10 ^a
2	2 232 ^{bAB}	1 602 ^{bAB}	630 ^{cCD}	2 702 ^{bB}	1 100 ^{bB}	6.13 ^{aA}	66.15 ^a
3	1 899 ^{cCD}	1 324 ^{cBC}	575 ^{cD}	2 152 ^{cC}	828 ^{cD}	6.00 ^{aA}	66.15 ^a
4	1 695 ^{dD}	1 140 ^{dCD}	555 ^{cD}	1 830 ^{dD}	690 ^{dD}	4.73 ^{bAB}	66.15 ^a
5	2 065 ^{bBC}	1 051 ^{dD}	1 014 ^{bB}	1 663 ^{dD}	612 ^{dDE}	3.80 ^{bB}	66.20 ^a
6	2 747 ^{aA}	1 164 ^{cCD}	1 583 ^{aA}	1 613 ^{dD}	449 ^{eE}	3.60 ^{bB}	66.20 ^a
7	2 209 ^{bB}	1 619 ^{aA}	590 ^{bB}	3 135 ^{aA}	1 516 ^{aA}	6.13 ^{aA}	85.05 ^{aA}
8	1 761 ^{cDC}	1 335 ^{bB}	426 ^{dD}	2 244 ^{bB}	909 ^{bB}	6.20 ^{aA}	66.20 ^{bB}
9	1 640 ^{dCD}	1 157 ^{bBC}	483 ^{dD}	1 899 ^{cC}	742 ^{bBC}	6.07 ^{aA}	66.20 ^{bB}
10	1 516 ^{dD}	1 037 ^{cCD}	479 ^{dD}	1 644 ^{dCD}	607 ^{cD}	5.73 ^{aA}	66.05 ^{bB}
11	1 862 ^{cC}	989 ^{dD}	873 ^{cC}	1 551 ^{dD}	562 ^{cCD}	3.87 ^{bB}	66.15 ^{bB}
12	2 747 ^{aA}	1 164 ^{bBC}	1 583 ^{aA}	1 613 ^{dCD}	449 ^{dD}	3.60 ^{bB}	66.20 ^{bB}

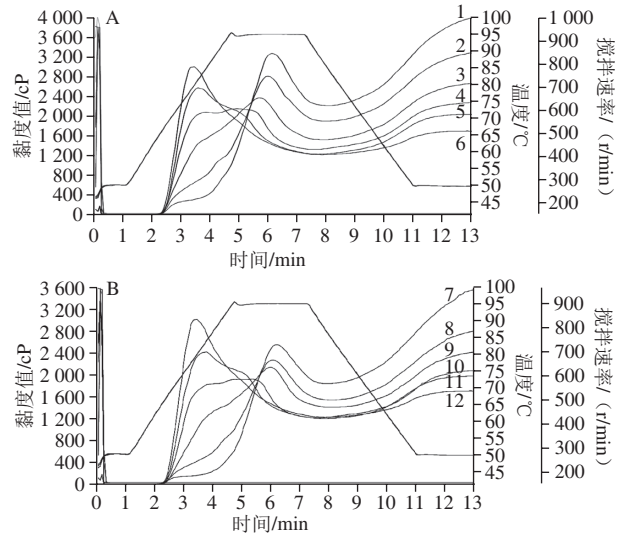


图 2 “济糯1号”与“济麦20”配粉 (A) 和“济麦22”配粉 (B) 的淀粉糊化曲线

Fig. 2 Starch pasting curve of ‘Jinuo 1’ wheat flour and flour blending with different ‘Jinuo 1’ proportion

2.3 添加糯小麦粉对面条品质的影响

2.3.1 糯小麦粉面条品质

由表8可知，“济糯1号”2 h和24 h的鲜面条色泽

变化均显著小于“济麦20”和“济麦22”，说明其多酚氧化酶活性相对较低，有利于其在鲜面食品制作中的应用；煮熟面条的色泽微黄且亮，口感具有一定黏弹性，该两项评分与“济麦20”无差异；但煮熟面条的表观状况差、口感软黏，该两项评分显著低于“济麦20”；“济糯1号”总评分显著低于“济麦20”但显著高于“济麦22”。这说明“济糯1号”的面条制作品质介于“济麦20”和“济麦22”之间。

表 8 “济糯1号”面条与普通小麦面条品质的差异

Table 8 Comparison of noodle-making quality between ‘Jinuo 1’ wheat flour and common wheat flour									
品 种	ΔE^*		品质评分						
	2 h	24 h	色泽 (20)	表观状况 (10)	适口性 (软硬) (20)	黏弹性 (30)	光滑性 (15)	食味 (5)	总分
“济糯1号”	3.83 ^{bB}	5.29 ^{bB}	17 ^a	5 ^{bB}	15 ^{bB}	25 ^{aA}	12 ^a	5 ^a	79 ^b
“济麦20”	6.26 ^{aA}	8.80 ^{aA}	18 ^a	8 ^{aA}	17 ^{aA}	23 ^{aA}	13 ^a	5 ^a	84 ^a
“济麦22”	6.67 ^{aA}	11.47 ^{aA}	16 ^b	6 ^{bB}	14 ^{bB}	20 ^{bB}	13 ^a	5 ^a	74 ^c

注：() 中的数字表示该项评价指标的最高分值。下表同。

2.3.2 添加糯性小麦配粉的面条品质

表 9 添加“济糯1号”对面条品质的影响

Table 9 Effect of addition of ‘Jinuo 1’ wheat flour on noodle-making quality of flour blends									
编号	ΔE^*		面条评分						
	2 h	24 h	色泽 (20)	表观状况 (10)	适口性 (软硬) (20)	黏弹性 (30)	光滑性 (15)	食味 (5)	总分
1	6.26 ^{aA}	8.80 ^{aA}	18 ^a	8 ^{aA}	17 ^{aA}	23 ^{bB}	13 ^b	5 ^a	84 ^a
2	4.90 ^{aAB}	7.87 ^{aAB}	18 ^a	8 ^{aA}	17 ^{aA}	24 ^{cB}	14 ^a	5 ^a	86 ^a
3	5.80 ^{aA}	8.87 ^{aA}	18 ^a	8 ^{aA}	18 ^{aA}	24 ^{cB}	14 ^a	5 ^a	87 ^a
4	4.76 ^{bBC}	6.46 ^{bBC}	18 ^a	7 ^{bB}	16 ^{bB}	20 ^{dC}	13 ^b	5 ^a	79 ^c
5	4.96 ^{aAB}	6.25 ^{cBCD}	18 ^a	7 ^{bB}	15 ^{bB}	20 ^{dC}	13 ^b	5 ^a	78 ^c
6	3.83 ^{cC}	5.29 ^{dCD}	17 ^b	5 ^{cC}	15 ^{bB}	25 ^{aA}	12 ^c	5 ^a	79 ^c
7	6.67 ^{aA}	11.47 ^{aA}	16 ^c	6 ^c	14 ^{cC}	20 ^{cC}	13 ^b	5 ^a	74 ^c
8	5.94 ^{aAB}	11.36 ^{aA}	18 ^a	6 ^c	17 ^{aA}	22 ^{bB}	14 ^a	5 ^a	82 ^a
9	6.39 ^{aA}	11.10 ^{aA}	18 ^a	6 ^c	17 ^{aA}	22 ^{bB}	14 ^a	5 ^a	82 ^a
10	2.72 ^{dC}	6.31 ^{bB}	17 ^b	5 ^b	16 ^{bB}	19 ^{dC}	13 ^b	5 ^a	75 ^c
11	4.82 ^{bAB}	6.55 ^{bB}	17 ^b	5 ^b	16 ^{bB}	19 ^{dC}	12 ^c	5 ^a	74 ^c
12	3.83 ^{cBC}	5.29 ^{bB}	17 ^b	5 ^b	15 ^{cC}	25 ^{aA}	12 ^c	5 ^a	79 ^c

由表9可知，配粉的面条品质比纯糯小麦粉面条有了明显改善。“济麦20”为面包面条兼用型品种，其面条制作品质优良；添加糯小麦粉后，2 h和24 h鲜面条色泽变化 ΔE^* 均变小（2~5号）；煮熟面条的色泽逐渐变黄亮，面条的表观状况、适口性和光滑性均好于糯小麦粉面条（6号）；添加20%（2号）和40%（3号）“济糯1号”的配粉的面条品质在口感、黏弹性和光滑性等方面均好于100%“济麦20”（1号）。“济麦22”属于中等筋力的小麦品种，面条制作品质评分在70分以上（7号）；添加“济糯1号”后（8~11号），配粉鲜面条在2 h和24 h的 ΔE^* 逐渐变小；煮熟面条的色泽逐渐变黄亮，适口性、黏弹性和光滑性均有不同程度的改善；添加量

为20%（8号）和40%（9号）“济糯1号”配粉面条的色泽好于100%“济麦22”（7号），适口性和黏弹性也均明显改善。综上所述，在“济麦20”和“济麦22”中添加20%~40%“济糯1号”能有效改善鲜面条色泽，并提升面条的制作品质，改善煮熟面条的黏弹性和适口性。

3 讨论

糯小麦与普通小麦的淀粉组成成分差异较大，普通小麦淀粉中含有20%~30%的直链淀粉，而糯小麦淀粉不含直链淀粉或直链淀粉的含量很低（<2%）^[4-6]。当将二者混合后，配粉的淀粉颗粒与蛋白质颗粒之间、淀粉颗粒与淀粉颗粒之间结合的紧密程度及淀粉颗粒径的微观结构均发生了相应的变化，进而影响配粉的淀粉糊化特性参数^[28]。本研究中随“济糯1号”添加量的增加，非糯性小麦配粉的保持黏度、稀懈值、终黏度、回升值、峰值时间等均呈下降趋势，峰值黏度低于未添加“济糯1号”，尤其是回升值显著降低，这与其他研究者报道一致^[17]；当配粉中“济糯1号”添加量达60%时，淀粉糊化特性曲线（4号和10号）与原粉和其他配粉显著不同。这主要是由于支链淀粉分子的规整程度较低，不容易趋向于平行排列及相互靠拢生成氢键，配粉中支链淀粉含量越高，分子间的规整程度就越低，回升值就越小，在食品上表现为不容易发生老化。淀粉糊化过程中的冷凝回升在很大程度上影响着面制食品的品质和货架期。抑制或延缓淀粉在冷却贮藏阶段的回升，一直是我国面粉加工企业亟待解决的难题^[17]。添加乳化剂是常用的延缓面制品老化的主要措施，但需要添加量很大，从而造成面粉的流散性差，且使生产成本大幅度提高^[29]。食品加工中糯小麦粉作为配粉使用的重要原因之一就是其能使配粉的回生度变小，从而提高配粉的抗老化特性，在一定程度上延长食品的货架期^[15]。与其他作物淀粉的回升值^[12]相比较，本研究中“济糯1号”小麦面粉的淀粉糊化特性参数回升值显著小于其他作物淀粉，从而回升度更小，具有替代面粉和食品加工中乳化剂的潜能。

研究报道糯小麦缺失颗粒结合淀粉合成酶影响了直链淀粉的合成^[4-6]，但不影响蛋白质的合成^[30]，配粉的面团流变学特性较好^[17]。本研究中“济糯1号”的蛋白质和面筋含量均较高；粉质仪稳定时间和质量指数小于“济麦20”，与“济麦22”差异不显著；蛋白质含量优于非糯性小麦“济麦22”，形成的面筋筋力和弹性较好；“济糯1号”面粉分别添加到“济麦20”和“济麦22”形成的配粉其蛋白质含量提高，吸水量增大，中等筋力水平；粉质仪稳定时间、揉混仪峰值宽度和8 min带宽均变短；2号和3号配粉的面筋指数较高、面团流变学特性较好。利用配粉制作的面条的适口性和黏弹性较好，适宜

添加量为20%~40%。这与研究报道的利用配粉制作干白面条的最适添加量为40%相一致^[20]。本研究为“济糯1号”作为配粉在面条加工企业的利用提供了理论支持，从而为后续的科研企业合作奠定了一定基础。

参考文献：

- [1] NAKAMURA T, YAMAMORI M, HIRANO H, et al. Production of waxy (amylose-free) wheat[J]. *Molecular and General Genetics*, 1995, 248(3): 252-259. DOI:10.1007/bf02191591.
- [2] PREISS J, SIVAK M N. Biology, molecular biology and regulation of starch synthesis[J]. *Genetic Engineering*, 1998, 20(1): 177-223. DOI:10.1007/978-1-4899-1739-3_10.
- [3] 姚金保, 杨学明, 姚国才, 等. 中国糯小麦研究进展[J]. *植物遗传资源学报*, 2004, 5(2): 201-204. DOI:10.3969/j.issn.1672-1810.2004.02.020.
- [4] 孙链, 孙辉, 雷玲, 等. 糯小麦粉配粉理化特性及其对馒头品质的影响[J]. *中国粮油学报*, 2009, 24(1): 5-10.
- [5] 姚大年, 孙辉, 李保云, 等. 小麦品种Waxy蛋白亚基缺失类型若干淀粉性状研究[J]. *中国粮油学报*, 1999, 14(1): 5-8.
- [6] 李伯群, 余国东, 马强, 等. 糯小麦与普通小麦品质性状差异比较研究[J]. *西南农业学报*, 2011, 24(2): 414-417. DOI:10.3969/j.issn.1001-4829.2011.02.007.
- [7] YASUI T, SASAKI T, MATSUKI J. Milling and flour pasting properties of waxy endosperm mutant lines of bread wheat (*Triticum aestivum* L.)[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 1999, 79(5): 687-692. DOI:10.1002/(sici)1097-0010(199904)79:5<687::aid-jsfa237>3.0.co;2-x.
- [8] ZHAO X C, SHARP P J. Production of all eight genotypes of null alleles at 'waxy' loci in bread wheat, *Triticum aestivum* L.[J]. *Plant Breeding*, 1998, 117(5): 488-490. DOI:10.1111/j.1439-0523.1998.tb01979.x.
- [9] URBANO M, MARGIOTTA B, COLAPRICO G, et al. Waxy proteins in diploid, tetraploid and hexaploid wheats[J]. *Plant Breeding*, 2002, 121(6): 465-469. DOI:10.1046/j.1439-0523.2002.00758.x.
- [10] 于春花, 马德高, 程顺和, 等. 滚动回交结合碘染色培育糯小麦新品种(系)的研究[J]. *麦类作物学报*, 2010, 30(5): 835-841. DOI:10.7606/j.issn.1009-1041.2010.05.010.
- [11] 中国种业商务网. 第四十次河北省农作物品种审定结果通知[EB/OL]. (2011-11-28)[2015-12-14]. <http://zm10.sm-tc.cn>.
- [12] ABDEL-AAL E S M, HUCL P, CHIBBAR R N, et al. Physicochemical and structural characteristics of flours and starches from waxy and nonwaxy wheat[J]. *Cereal Chemistry*, 2002, 79(3): 458-464. DOI:10.1094/cchem.2002.79.3.458.
- [13] 张晓, 高德荣, 吕国锋, 等. 糯小麦与其它作物淀粉特性的比较研究[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(11): 2183-2190. DOI:10.3864/j.issn.0578-1752.2013.11.001.
- [14] 杨艳芳, 朱科学, 郭晓娜, 等. 糯小麦粉对混合粉性质及面团冻融稳定性的影响[J]. *现代面粉工业*, 2014, 28(3): 23-28. DOI:10.3969/j.issn.1674-5280.2014.03.011.
- [15] 刘爱峰, 宋建民, 赵振东, 等. 糯小麦配粉对面团流变学特性和面包烘烤品质的影响[J]. *中国农业科学*, 2004, 37(6): 902-907. DOI:10.3221/j.issn:0578-1752.2004.06.020.
- [16] 苏东民, 陈晨, 魏雪芹, 等. 糯小麦配粉对面团流变学特性及馒头品质的影响[J]. *河南工业大学学报(自然科学版)*, 2008, 29(2): 1-7.
- [17] 张焕新, 张伟, 徐春仲. 糯小麦粉添加量对配粉流变学特性及馒头品质的影响[J]. *食品科学*, 2014, 35(3): 80-84. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201403017.

- [18] 郭学科, 丁文平. 糯小麦粉理化性质及其在馒头中的应用研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2005, 12: 69-71.
- [19] 孙链, 孙辉. 糯小麦粉特性研究进展[J]. 粮油食品科技, 2008, 16(1): 1-4. DOI:10.3969/j.issn.1007-7561.2008.01.001.
- [20] 覃鹏, 马传喜, 吴荣林, 等. 糯小麦粉添加比例对中国干白面条品质的影响[J]. 中国粮油学报, 2008, 23(3): 17-23.
- [21] 陈东升, KIRIBUCHI-OTOBE C, 徐兆华, 等. Waxy蛋白缺失对小麦淀粉特性和中国鲜面条品质的影响[J]. 中国农业科学, 2005, 38(5): 865-873. DOI:10.3321/j.issn:0578-1752.2005.05.002.
- [22] 梁荣奇, 杨凤萍, 苏青, 等. 糯性小麦配粉对普通小麦淀粉品质特性和面条品质的影响[J]. 华北农学报, 2007, 22(3): 16-20. DOI:10.3321/j.issn:1000-7091.2007.03.005.
- [23] 张艳, 阎俊, 陈新民, 等. 糯小麦配粉对普通小麦品质性状和鲜切面条品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(5): 803-808.
- [24] 宋建民, 刘爱峰, 尤明山, 等. 糯小麦配粉对淀粉糊化特性和面条品质的影响[J]. 中国农业科学, 2004, 37(12): 1838-1842.
- [25] 美国谷化协会. Experimental milling: bühler method for hard wheat[M]. 粮油部谷物油脂化学研究所, 译. 北京: 全国粮油贮藏科技情报中心站, 1983: 144-147.
- [26] 农业部. 小麦品种品质分类: GB/T17320—2013[S]. 北京: 中国标准出版社, 2013: 8-9.
- [27] 刘建军, 何中虎, 赵振东, 等. 小麦品质性状与干白面条品质参数关系的研究[J]. 作物学报, 2002, 28(6): 738-742.
- [28] 丁文平, 郭学科. 糯小麦粉糊化回生特性研究[J]. 粮油加工与食品机械, 2006(3): 59-61.
- [29] 吕俊丽, 张正茂, 梁灵, 等. 水苏糖对馒头品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2009, 37(2): 199-202.
- [30] 倪静, 徐智斌, 王涛. 糯小麦灌浆期籽粒糖类、淀粉及蛋白质的动态研究[J]. 麦类作物学报, 2010, 30(3): 509-514. DOI:10.7606/j.issn.1009-1041.2010.03.024.