

# 小麦品质与鲜湿面品质的关系

## Study on relationship of quality between wheat quality and fresh noodles

邓 航<sup>1,2</sup> 周文化<sup>1,2</sup> 李立华<sup>1,2</sup>

DENG Hang<sup>1,2</sup> ZHOU Wen-hua<sup>1,2</sup> LI Li-hua<sup>1,2</sup>

(1. 中南林业科技大学食品科学与工程学院, 湖南 长沙 410004;

2. 粮油深加工与品质控制湖南省协同创新中心, 湖南 长沙 410004)

(1. School of Food Science and Engineering, Central South Forestry University of Science and Technology, Changsha, Hunan 410004, China; 2. Grain and Oil Processing and Quality Control of Collaborative Innovation Center in Hunan Province, Changsha, Hunan 410004, China)

**摘要:**选取中国小麦主产区山西、安徽和河南的 5 个不同品种小麦,通过相关性分析和多元线性回归分析研究小麦品质与小麦粉粉质和鲜湿面品质之间的关系。结果表明:鲜湿面品质与小麦直链淀粉、灰分含量呈极显著负相关( $P<0.01$ ),与小麦支链淀粉、蛋白质、湿面筋含量呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与小麦脂肪含量呈显著负相关( $P<0.05$ );鲜湿面品质与小麦粉稳定时间、评价值呈极显著正相关( $P<0.01$ ),与小麦粉弱化度、公差指数呈极显著负相关( $P<0.01$ ),与小麦粉形成时间、带宽呈显著正相关( $P<0.05$ ),与小麦粉吸水率呈显著负相关( $P<0.05$ )。通过多元线性回归分析得到小麦品质与鲜湿面感官评价总分和质构硬度之间的多元线性回归模型,模型决定系数分别为 0.983,0.993;模型均为极显著( $P<0.001$ ),验证实验得到感官总分实际值为 71 分,模型预测值为 70.3 分;质构硬度实际值为 5.938 kg,模型预测值为 6.050 kg。模型可较好地通过小麦品质预测其制得的鲜湿面品质。

**关键词:**小麦;鲜湿面;相关性;多元线性回归

**Abstract:** In this study, five different varieties of Chinese wheats: "Jimai 22", "Yamong 19", "Yamong 5158", "Aikang 58", "Lunxuan 988" from the main producing area in China; Shanxi, Anhui and Henan were selected. The main physical and chemical characters, such as the content of protein, ash, starch, et al, as well as the farinograph property of flour milled by those five different varieties of wheats, were described, and the sensory evaluation and textural properties (TPA) of fresh noodle made from those flour were determined. The correlation between wheat quality and farinograph property and quality of fresh noodles were all analyzed. The result showed

that the amylose and ash content of wheat had extremely significant negative correlation ( $P<0.01$ ) with the sensory evaluation score of fresh noodles, while, had extremely significant positive correlation ( $P<0.01$ ) with the TPA parameters: hardness, gumminess and chewiness; the contents of amylopectin, protein, ash and wet gluten had extremely significant positive correlation with the sensory evaluation score of fresh noodles, while had extremely significant negative correlation ( $P<0.01$ ) with the TPA parameters: hardness, gumminess and chewiness. However, the content of fat had significant negative correlation ( $P<0.05$ ) with the quality of fresh noodles. As for the correlation between wheat flour farinograph property and quality of fresh noodle made from those flour, we found that the stability and quality number of wheat flour had extremely significant positive correlation ( $P<0.01$ ) with quality of fresh noodle; the softening and MTI of wheat flour had extremely significant negative correlation ( $P<0.01$ ) with quality of fresh noodle; the development time and bandwidth at peak of wheat flour had significant positive correlation ( $P<0.05$ ) with the quality of fresh noodles; the water absorption of wheat flour had significant negative correlation ( $P<0.05$ ) with the quality of fresh noodles. Then, the multiple linear regression model between the quality characters of wheat and the sensory evaluation score of fresh noodles were along with the TPA parameter: hardness was established by multiple linear regression analysis. The value of R of those two models were 0.983 and 0.993, respectively; The significance of those two models were all extremely significant ( $P<0.001$ ). The verify experiment showed that the actual value of the sensory evaluation score of fresh noodles was 71 with the predicted value from model was 70.3; The actual value of TPA hardness was 5.938 kg with the predicted value from model of 6.050 kg. The model can predict the quality of fresh noodles by wheat quality.

**Keywords:** wheat; fresh noodle; correlation; multiple linear regression

**基金项目:**2017 湖南省创新平台与人才计划(编号:2017TP1021)

**作者简介:**邓航,男,中南林业科技大学在读研究生。

**通信作者:**周文化(1969—),男,中南林业科技大学教授,博士。

E-mail:1479674265@qq.com

**收稿日期:**2017-07-09

小麦原料品质的差异,会影响到磨制的小麦粉的品质,并进一步影响到终产品的质量<sup>[1]</sup>。国内外对小麦品质与面条品质间关系的研究侧重于小麦品质对传统挂面品质的影响。现有的研究表明,直链淀粉含量较低的小麦品种,其制得的传统挂面感官特性较好<sup>[2-3]</sup>,且具有较高淀粉含量的小麦制得的传统挂面口感更好<sup>[4-5]</sup>;蛋白质和面筋含量高的小麦制得的传统挂面的色泽和表现状态不佳,但是面条口感更具弹性更耐煮<sup>[6-9]</sup>;而较高的灰分和脂肪含量会给传统挂面带来较暗淡的色泽和不好的口感<sup>[10]</sup>;另有研究<sup>[11]</sup>发现较高粒重的小麦制得的传统挂面品质更好。但由于传统挂面与鲜湿面在制作工艺上存在一定差别,故小麦品质与传统挂面品质的关系不能直接套用于鲜湿面。当前有关小麦品质与鲜湿面品质关系的研究主要集中于糯小麦的添加对鲜湿面品质的影响上<sup>[12-14]</sup>,较少直接涉及小麦自身品质对鲜湿面品质的影响,且在这方面的研究多集中于小麦品质与鲜湿面感官品质的关系,本研究则综合鲜湿面质构特性和感官特性研究小麦品质与鲜湿面品质的关系。

本研究拟选取来自中国小麦主产区山西、安徽和河南的5个面筋含量在30%以上、种植面积大、产量高的高筋品种小麦,通过检测小麦原料的基础理化指标,以及其磨制的小麦粉粉质曲线,将其与所制得的鲜湿面质构特性及其感官评价结果进行相关性和多元线性回归分析,研究小麦、小麦粉品质与鲜湿面品质之间的关系。以期为今后鲜湿面专用小麦粉配制过程中对原料的选择提供参考。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与仪器

#### 1.1.1 试验材料

济麦22:国审麦2006018,河南泉星创世纪种业有限公司;

轮选988:国审麦2009013,黄淮海种子科技有限公司;

烟农5158:鲁农审2007042,青岛信宜佳种业有限公司;

烟农19:鲁农审2001001,安徽高科种业有限公司;

矮抗58:国审麦2005008,河南益农种业有限公司。

#### 1.1.2 主要仪器

实验磨粉机:MLU-202型,瑞士Buhler公司;

质构仪:TA-XTPlus型,英国Stable Micro System公司;

小型电动压面机:DHH-180A型,永康市海鸥电器有限公司;

卤素快速水分分析仪:JH-HS型,泰州宜信得仪器仪表有限公司;

粉质仪:micro-doughLAB 2800型,瑞典Perten公司;

电子容量器:GHCS-1000型,郑州中谷机械设备有限公司;

电阻炉:2.5-10型,上海光地仪器设备有限公司;

紫外分光光度计:BlueStar B型,北京莱伯泰科仪器股份有限公司;

电热恒温培养箱:DH-360AB(303-1AB)型,北京中兴伟

业仪器有限公司;

粉质仪:micro-doughLAB 2800型,瑞典Perten公司。

### 1.2 方 法

#### 1.2.1 小麦品质指标的测定

(1)千粒重:按GB/T 5519—2008的手工计数称量法执行。

(2)湿面筋含量:按GB/T 5506.1—2008的手洗法执行。

(3)蛋白质含量:按GB 5009.5—2016的凯氏法执行。

(4)灰分含量:按GB/T 22510—2008执行。

(5)脂肪含量:按GB/T 5512—2008执行。

(6)淀粉含量:参照文献<sup>[15]</sup>。

(7)容重:按GB/T 5498—2013执行。

上述各指标均进行6次重复试验。

1.2.2 小麦制粉 参考雷小艳等<sup>[16]</sup>的方法用磨粉机进行磨粉:试验环境及样品制备按照AACC方法26-10A,室温控制在21℃左右,相对湿度控制在65%~70%,小麦样品经清理后润麦24h,使得样品水分调节至16%左右,水分测定按GB/T 5497—1985;试验制粉方法按照AACC方法26-21A,试验磨参数设定为喂料速度为120g/min,皮磨磨轧距左0.09mm右0.04mm,心磨轧距左0.05mm右0.01mm,取磨制的心粉进行后续试验。

1.2.3 小麦粉粉质曲线的测定 按GB/T 14614—2006执行。对每个品种的小麦进行6次重复试验。

1.2.4 鲜湿面的制作 称取100g单一品种的小麦粉于和面盆中,人工边搅拌边加入食盐水,共加入33g食盐水(含2g食盐),人工和面5min,边加水边搅拌使面团成絮状,用手握可成团,轻轻揉搓仍能成为松散的絮状面团,和好的面团用保鲜膜包裹放入恒温培养箱,在35℃下保温熟化30min,熟化后使用小型电动压面机压片,调节并记录两辊轴之间的辊距,之后每次鲜湿面的制作均用同样的辊距,压片5次后切成2mm宽的鲜湿面条。取20cm长的鲜湿面条20根,放入乘有1000mL水的不锈钢盆中,煮面3min(试验后得出的最佳烹煮时间)后立即将面条捞出,至于漏水网状容器中,水洗1min,冷却后装入自封袋,密封保存<sup>[17-18]</sup>。

1.2.5 鲜湿面质构的测定 采用质构仪对鲜湿面的全质构进行分析,每次取3根鲜湿面条平行放在载物台上,面条两两之间有一定间隔。每种样品重复6次。探头:P/36R;参数设定:测前速度2.0mm/s,测试速度0.8mm/s,测后速度2.0mm/s,压缩率65%,起点感应力5g,两次压缩时间间隔5s。

1.2.6 面条感官评价 参照文献<sup>[19]</sup>的方法,选取10位专业人士组成感官评价组对面条进行感官评价。

1.2.7 数据处理 使用IBM SPSS Statistics 22.0、Origin Pro 2017和Microsoft Office Excel 2016软件对数据进行处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 5种小麦品质特性

不同品种小麦间品质的差异是导致面粉品质差异的主

要原因。通过对小麦各指标的数据进行方差分析发现,小麦品质指标品种间差异大都达到显著水平( $P<0.05$ ),结果见表 1。说明本试验选取的 5 种小麦品质间存在显著性差异,对研究小麦品质与鲜湿面品质间的关系有一定代表性。

## 2.2 5 种小麦粉质特性

5 种小麦粉粉质曲线测定结果见表 2,通过对小麦粉各指标的数据进行方差分析发现,小麦粉品质指标品种间差异大都达到显著水平( $P<0.05$ )。

表 1 5 种小麦品质特性<sup>†</sup>

Table 1 Quality characteristics of five wheat varieties

小麦品种	直链淀粉/%	支链淀粉/%	总淀粉/%	湿面筋/%	千粒重/g
济麦 22	17.46±0.16 <sup>aA</sup>	51.35±0.17 <sup>eE</sup>	68.81±0.33 <sup>bB</sup>	32.35±0.68 <sup>dD</sup>	42.16±0.08 <sup>cC</sup>
轮选 988	11.63±0.27 <sup>eE</sup>	54.48±0.32 <sup>bB</sup>	66.11±0.59 <sup>dD</sup>	42.47±0.86 <sup>aA</sup>	43.96±0.17 <sup>bB</sup>
烟农 5158	15.07±0.27 <sup>bB</sup>	52.38±0.13 <sup>dD</sup>	67.45±0.40 <sup>cC</sup>	38.55±0.62 <sup>cC</sup>	42.13±0.33 <sup>cC</sup>
烟农 19	13.85±0.17 <sup>dD</sup>	55.64±0.20 <sup>aA</sup>	69.49±0.37 <sup>aA</sup>	40.09±0.80 <sup>bBC</sup>	42.39±0.23 <sup>cC</sup>
矮抗 58	14.23±0.11 <sup>cC</sup>	52.82±0.25 <sup>cC</sup>	67.05±0.35 <sup>cC</sup>	39.65±0.52 <sup>bB</sup>	48.51±0.29 <sup>aA</sup>
小麦品种	容重/(g·L <sup>-1</sup> )	灰分/%	脂肪/%	蛋白质/%	
济麦 22	825.83±11.81 <sup>cC</sup>	0.981±0.012 <sup>aA</sup>	1.70±0.04 <sup>aA</sup>	11.79±0.15 <sup>dD</sup>	
轮选 988	846.83±4.58 <sup>bAB</sup>	0.819±0.010 <sup>eD</sup>	1.48±0.03 <sup>dD</sup>	13.83±0.19 <sup>aA</sup>	
烟农 5158	844.83±11.05 <sup>bB</sup>	0.907±0.012 <sup>bB</sup>	1.62±0.04 <sup>bBC</sup>	13.29±0.07 <sup>cC</sup>	
烟农 19	812.33±5.72 <sup>dC</sup>	0.863±0.005 <sup>dC</sup>	1.64±0.03 <sup>bB</sup>	13.59±0.05 <sup>bB</sup>	
矮抗 58	862.17±12.14 <sup>aA</sup>	0.892±0.055 <sup>cB</sup>	1.60±0.08 <sup>cC</sup>	13.41±0.06 <sup>cBC</sup>	

† 同列不同小写字母表示差异达到显著水平( $P<0.05$ );同列不同大写字母表示差异达到极显著水平( $P<0.01$ )。

表 2 5 种小麦制得鲜湿面质特性<sup>†</sup>

Table 2 Textural properties of fresh noodle made from five wheat varieties

品种	硬度/kg	黏聚性/(g·s)	回复性/g	内聚力/g	弹性/%	黏度/kg	咀嚼性/kg
济麦 22	7.009±0.371 <sup>aA</sup>	341.929±25.960 <sup>aA</sup>	20.938±1.917 <sup>bA</sup>	0.609±0.044 <sup>aA</sup>	70.850±7.076 <sup>bA</sup>	4.460±0.558 <sup>aA</sup>	4.021±0.369 <sup>aA</sup>
轮选 988	5.446±0.356 <sup>dD</sup>	323.826±32.002 <sup>aA</sup>	22.861±1.961 <sup>aA</sup>	0.649±0.036 <sup>aA</sup>	85.533±9.856 <sup>aA</sup>	3.423±0.401 <sup>cC</sup>	2.908±0.294 <sup>cC</sup>
烟农 5158	6.324±0.357 <sup>bB</sup>	313.943±14.750 <sup>bA</sup>	21.543±3.152 <sup>aA</sup>	0.606±0.066 <sup>aA</sup>	72.004±7.501 <sup>bA</sup>	4.006±0.411 <sup>bB</sup>	3.534±0.474 <sup>bB</sup>
烟农 19	5.113±0.308 <sup>eE</sup>	359.019±45.501 <sup>aA</sup>	22.532±3.525 <sup>aA</sup>	0.624±0.035 <sup>aA</sup>	82.463±14.996 <sup>aA</sup>	3.197±0.482 <sup>cC</sup>	2.665±0.280 <sup>cC</sup>
矮抗 58	5.947±0.421 <sup>cC</sup>	304.648±46.477 <sup>bA</sup>	22.183±2.859 <sup>aA</sup>	0.637±0.037 <sup>aA</sup>	75.798±8.196 <sup>aA</sup>	3.750±0.256 <sup>bBC</sup>	3.266±0.343 <sup>bBC</sup>

† 同列不同小写字母表示差异达到显著水平( $P<0.05$ );同列不同大写字母表示差异达到极显著水平( $P<0.01$ )。

## 2.3 小麦品质与鲜湿面品质之间的相关性分析

通过 SPSS 22.0 对小麦品质与鲜湿面品质所测得各指标全部数据进行相关性分析,结果见表 3(不相关的指标未在表格中列出)。小麦的品质指标直观地反应了小麦中各种主要物质的含量以及小麦自身的品质特性。小麦中 70% 左右为淀粉<sup>[20]</sup>是小麦含量最多的物质,本研究发现,小麦品质指标中直链、支链淀粉含量与鲜湿面各项品质有极显著相关性( $P<0.01$ ),小麦的直链淀粉含量高会导致鲜湿面变硬、表面粗糙、颜色相对暗淡以及口感变差,而支链淀粉含量高则鲜湿面的质地相对较软、表面光滑、颜色明亮、口感相对较好。结果与章绍兵等<sup>[21]</sup>和宋健民等<sup>[22]</sup>的研究相似。本试验中脂肪含量和灰分含量与鲜湿面品质分别成显著和极显著负相关,He 等<sup>[23]</sup>研究发现小麦的灰分含量高主要是制粉加工过程中麸皮混入粉路中导致的,而灰分含量的升高对面粉的颜色和面条品质起到负面影响,与本试验研究结果一致。而 Chen 等<sup>[11]</sup>则认为小麦的灰分和脂肪含量与面条的使用品质呈负相关,相比起灰分,脂肪含量更适合用于评价小麦粉品质。小麦中的蛋白质、湿面筋含量是另外 2 个影响鲜湿面品质的重要指标,且研究<sup>[24-25]</sup>表明湿面筋含量与蛋白质含量

呈显著正相关( $P<0.05$ )。在本试验中蛋白质含量、湿面筋含量除与鲜湿面的感官食用品质相关外还与鲜湿面的黏弹性呈较大的相关性。但是据研究<sup>[26]</sup>表明,面条的品质与蛋白质含量只是在一定范围内呈线性正相关;另有张玲等<sup>[27]</sup>研究表明影响面条品质的除蛋白质含量外还有蛋白质种类。而本试验并未涉及鲜湿面的最适蛋白质含量范围以及蛋白质种类对鲜湿面品质影响的研究。

## 2.4 小麦粉质指标与鲜湿面品质的相关性分析

通过 IBM SPSS 24.0 软件对小麦粉品质与鲜湿面品质各指标的全部数据进行 Pearson 相关性分析,结果见表 4(不相关的指标未在表格中列出)。粉质曲线是反映小麦粉内在品质的重要指标<sup>[28]</sup>,是对小麦原料进行质量评价的重要依据<sup>[29]</sup>。小麦粉粉质曲线中稳定时间越长则表明面团韧性越好,面筋强度越大,面团的加工性越好;弱化度表明面团的耐破坏程度,弱化度越大说明面粉筋力越弱;公差指数反映面筋的强度,公差指数越大面筋强度越低;带宽反映面团弹性的大小;形成时间则反映面粉混揉过程中面筋结构形成的快慢<sup>[30]</sup>。李梦琴等<sup>[31]</sup>通过研究发现面粉的形成时间、稳定时间、弱化度与面条品质呈极显著相关( $P<0.01$ )。杨金等<sup>[32]</sup>

表3 小麦品质与鲜湿面感官以及质构的相关性<sup>†</sup>

Table 3 The correlative relationship between quality indicators of wheats and textural properties along with sensory evaluation of fresh noodle

鲜湿面品质指标	直链淀粉	支链淀粉	蛋白质	灰分	脂肪	湿面筋
硬度	0.849**	-0.912**	-0.796**	0.909**	0.559*	-0.794**
黏度	0.806**	-0.786**	-0.685**	0.873**	0.531*	-0.681**
咀嚼性	0.819**	-0.820**	-0.693**	0.879**	0.523*	-0.692**
色泽	-0.760**	0.969**	0.818**	-0.774**	-0.545*	0.806**
表观状态	-0.693**	0.901**	0.813**	-0.698**	-0.520*	0.806**
软硬度	-0.895**	0.947**	0.877**	-0.895**	-0.687**	0.879**
黏弹性	-0.871**	0.963**	0.833**	-0.881**	-0.640**	0.834**
光滑性	-0.733**	0.931**	0.795**	-0.723**	-0.502*	0.786**
食味	-0.825**	0.922**	0.851**	-0.822**	-0.613*	0.848**
总分	-0.843**	0.966**	0.851**	-0.848**	-0.624*	0.849**

† \*表示在0.05水平上的相关性显著; \*\*表示在0.01水平上的相关性显著。

表4 小麦粉粉质与鲜湿面品质相关性<sup>†</sup>

Table 4 The correlative relationship between farinograph property of wheats and quality of fresh noodle

鲜湿面品质指标	吸水率	形成时间	稳定时间	弱化度	公差指数	带宽	评价值
硬度	0.558*	-0.516*	-0.927**	0.850**	0.838**	-0.557*	-0.960**
黏度	0.546*	-0.374	-0.821**	0.769**	0.784**	-0.563*	-0.885**
咀嚼性	0.499	-0.354	-0.832**	0.817**	0.765**	-0.604*	-0.890**
色泽	-0.331	0.571*	0.882**	-0.867**	-0.690**	0.506	0.862**
表观状态	-0.391	0.677**	0.824**	-0.729**	-0.683**	0.507	0.816**
软硬度	-0.370	0.464	0.847**	-0.849**	-0.752**	0.571*	0.902**
黏弹性	-0.324	0.447	0.858**	-0.898**	-0.719**	0.680**	0.893**
光滑性	-0.258	0.529*	0.826**	-0.834**	-0.628*	0.594*	0.801**
食味	-0.310	0.503	0.795**	-0.804**	-0.687**	0.632*	0.840**
总分	-0.336	0.508	0.863**	-0.871**	-0.719**	0.559*	0.886**

† \*表示在0.05水平上的相关性显著; \*\*表示在0.01水平上的相关性显著。

则认为面粉的形成时间、稳定时间与面条质地呈显著正相关( $P < 0.05$ ),面粉的形成时间、稳定时间与面条色泽、表观状态和光滑性呈显著负相关( $P < 0.05$ ),弱化度与面条色泽和外观呈显著正相关( $P < 0.05$ ),弱化度与面条韧性、弹性呈极显著负相关( $P < 0.05$ )。张雷等<sup>[33-34]</sup>研究认为小麦粉粉质曲线中稳定时间是所有参数中最主要的,是反映面粉面筋质量、发酵过程持气能力,主要是由面粉中的蛋白质(谷蛋白和醇溶蛋白)质量好坏决定的,与面团品质存在显著( $P < 0.05$ )的相关性。上述研究结果与本试验研究结果相似。在本研究中小麦粉的粉质稳定时间、弱化度、公差指数、评价值4个指标与鲜湿面品质间相关性均达到极显著水平( $P < 0.01$ );小麦粉的粉质吸水率、带宽、形成时间3个指标与鲜湿面品质间相关性均达到显著水平( $P < 0.05$ )。

### 2.5 小麦指标与面条品质间多元线性回归模型的建立

2.5.1 鲜湿面品质指标的选择 通过面条质构间以及质构与感官评价所测得各指标全部数据间相关性分析,结果见表5,在质构间的相关性中,硬度、黏聚性与回复性和黏度呈显著正相关( $P < 0.05$ ,相关系数分别为0.651,0.521);回复性

和内聚力呈显著正相关( $P < 0.05$ ,相关系数0.529);黏度与咀嚼性呈极显著正相关( $P < 0.01$ ,相关系数0.944);弹性与其他参数普遍不相关。质构参数中硬度、黏度、咀嚼性与感官评价总分呈极显著负相关( $P < 0.01$ ),相关系数分别为-0.870,-0.732,-0.771。相关系数的大小可以反映两个变量之间的相关程度,又因为仪器的客观评价与感官的主观评价结果间有所差异,故选择质构参数硬度以及感官评价总分综合作为评价鲜湿面品质的指标。

2.5.2 小麦指标与面条品质指标间多元线性回归模型的建立 通过SPSS 22.0的共线性分析和相关性分析发现小麦大多数品质指标与鲜湿面感官评价总分和质构参数硬度具有良好的线性性能,可以进行多元线性回归分析,而变量总淀粉含量、容重、千粒重与鲜湿面感官评价总分的线性性能不好且无显著相关性( $P > 0.05$ ),故需要将这3个变量从线性回归分析中剔除。参考赵登登等<sup>[35]</sup>的方法,通过SPSS 22.0使用Enter方法对小麦各品质指标分别与鲜湿面的感官评价总分和质构参数硬度进行多元线性拟合。

与感官评价总分的拟合结果见表6,其中模型决定系数

表 5 面条质构间以及质构和感官评价间相关性<sup>†</sup>

Table 5 The correlative relationship between textural properties themselves and sensory evaluation of fresh noodle

鲜湿面品质指标	硬度	黏聚性	回复性	内聚力	弹性	黏度	咀嚼性
硬度	1.000						
黏聚性	0.273	1.000					
回复性	0.290	0.615*	1.000				
内聚力	-0.031	0.408	0.529*	1.000			
弹性	-0.121	0.394	0.394	0.378	1.000		
黏度	0.959**	0.521*	0.448	0.161	0.324	1.000	
咀嚼性	0.968**	0.469	0.441	0.169	0.279	0.944**	1.000
色泽	-0.845**	0.093	-0.021	0.319	0.492	-0.694**	-0.732**
表观状态	-0.728**	0.200	-0.017	0.328	0.409	-0.553*	-0.590*
软硬度	-0.885**	0.064	0.300	0.341	0.571*	-0.763**	-0.801**
黏弹性	-0.902**	-0.010	-0.027	0.352	0.561*	-0.791**	-0.822**
光滑性	-0.775**	0.163	-0.170	0.525*	0.628*	-0.605*	-0.660**
食味	-0.799**	0.168	0.031	0.490	0.595*	-0.642**	-0.684**
总分	-0.870**	0.073	-0.012	0.350	0.632*	-0.732**	-0.771**

† \*表示在 0.05 水平上的相关性显著; \*\*表示在 0.01 水平上的相关性显著。

为 0.983,说明模型不能解释的变量仅为 1.7%,模型拟合度好; $R^2$  为 0.965,说明所有自变量与感官评价总分的线性相关程度高;模型的显著性为 0.000 极显著( $P<0.01$ ),说明模型具有较高可信度。

与质构参数硬度的拟合结果见表 7,其中模型决定系数为 0.993,说明模型不可解释变量为 0.7%,模型拟合度好; $R^2$  为 0.987,说明所有自变量与硬度的线性相关程度高;模型的显著性为 0.000 极显著( $P<0.01$ ),说明模型具有较高可信度。

设鲜湿面感官评价总分为  $Y$ ,质构参数硬度为  $Z$ (kg),小麦品质指标直链淀粉、支链淀粉、蛋白质、灰分、脂肪、湿面筋分别为  $X_1 \sim X_6$ ,则可得鲜湿面感官评价总分与小麦品质指标间多元线性回归方程:

$$Y = -4.903X_1 + 8.717X_2 - 2.145X_3 + 112.333X_4 + 2.424X_5 + 0.013X_6 - 397.10, \quad (1)$$

$$Z = 0.218X_1 - 0.146X_2 - 0.256X_3 + 0.561X_4 + 3.953X_5 + 0.109X_6 + 2.913. \quad (2)$$

使用本试验 5 种小麦中的任意一种(矮抗 58),重复 1.2 中的方法测定小麦品质指标以及鲜湿面感官评价总分和质构硬度,将其小麦品质指标带入上述公式计算,得到其感官总分的实际值为 71 分,模型预测值为 70.3 分,相差 0.7 分;质构硬度实际值为 5.938 kg,模型预测值为 6.050 kg,相差 0.112 kg。可见模型具有较好的扩展性。

### 3 结论

通过研究 5 个品质有显著性差异的小麦及小麦粉的品质与其制成的鲜湿面品质的相关性,发现小麦品质指标中小麦的直链淀粉含量、灰分含量与鲜湿面品质呈极显著负相关( $P<0.01$ );支链淀粉、蛋白质、湿面筋含量与鲜湿面品质呈极显著正相关( $P<0.01$ );脂肪含量鲜湿面品质呈负相关但相关性相对较弱( $P<0.05$ )。而小麦粉的稳定时间和评价

表 6 感官评价总分与小麦品质间回归系数表

Table 6 Regression coefficient table of sensory evaluation score and quality indicators of wheats

模型	非标准化系数		标准化系数	T	显著性
	B	标准误			
常数	-397.101	25.015	—	-15.874	0.000
直链淀粉	-4.903	1.161	-0.647	-4.224	0.003
支链淀粉	8.717	0.274	0.949	31.815	0.000
蛋白质	-2.145	2.248	-0.118	-0.955	0.368
灰分	112.333	39.127	0.439	2.871	0.021
脂肪	2.424	6.338	0.013	0.382	0.712
湿面筋	0.013	0.549	0.003	0.023	0.982
R	0.983	$R^2$	0.965	P 值	0.000

表 7 硬度与小麦品质间回归系数表

Table 7 Regression coefficient table of hardness and quality indicators of wheats

模型	非标准化系数		标准化系数	T	显著性
	B	标准误			
常数	2.913	2.321	—	1.255	0.245
直链淀粉	0.218	0.108	0.592	2.026	0.077
支链淀粉	-0.146	0.025	-0.327	-5.743	0.000
蛋白质	-0.256	0.209	-0.288	-1.228	0.254
灰分	0.561	3.630	0.045	0.154	0.881
脂肪	3.953	0.588	0.422	6.723	0.000
湿面筋	0.109	0.051	0.540	2.144	0.064
R	0.993	$R^2$	0.987	P 值	0.000

与感官综合评分呈极显著正相关( $P<0.01$ );弱化度、公差指数与感官综合评分呈极显著负相关( $P<0.01$ );形成时间、带

宽与鲜湿面品质呈显著正相关( $P < 0.05$ )。

通过多元线性回归分析得到小麦直链淀粉含量、支链淀粉含量、蛋白质含量、灰分含量、脂肪含量、湿面筋含量与鲜湿面感官评价总分和质构硬度之间的多元线性回归模型,模型决定系数分别为 0.983, 0.993, 具有较好的预测能力。能够通过小麦的品质指标较好地预测鲜湿面的品质。

可见小麦中的淀粉种类和含量以及蛋白质含量是影响鲜湿面品质的关键因素,而小麦粉决定鲜湿面品质的关键指标则是稳定时间、弱化度、公差指数、评价值。但是本研究尚未深入研究上述指标最适宜制作鲜湿面的范围,且对于蛋白质的种类、质量、亚基等因素对鲜湿面品质的影响也并未涉及,未来则可更深入研究这些方面,尤其是小麦各品质指标的最适范围部分,对鲜湿面专用小麦粉配粉原料的选择将具有指导意义。

### 参考文献

- [1] 张杏丽, 郭祯祥. 面粉质量对鲜湿面条品质影响的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2011: 86-97.
- [2] NODA T, TOHNOOKA T, TAYA S, et al. Relationship between physicochemical properties of starches and white salted noodle quality in Japanese wheat flours[J]. *Cereal Chemistry*, 2001, 78(4): 395-399.
- [3] WICKRAMASINGHE H A M, MIURA H, YAMAUCHI H, et al. Comparison of the starch properties of Japanese wheat varieties with those of popular commercial wheat classes from the USA, Canada and Australia[J]. *Food Chemistry*, 2005, 93(14): 9-15.
- [4] 王宪泽, 李菡, 于振文, 等. 小麦籽粒品质性状影响面条品质的通径分析[J]. *作物学报*, 2002, 28(2): 240-244.
- [5] 王宪泽, 阚世红, 于振文. 部分山东小麦品种面粉黏度性状及其与面条品质相关性的研究[J]. *中国粮油学报*, 2004, 19(6): 8-10.
- [6] CHUN Wang, MIKLOS I P Kovacs, FOWLER D B, et al. Effects of protein content and composition on white noodle making quality: color[J]. *Cereal Chemistry*, 2004, 81(6): 777-784.
- [7] MORRIS C F, JEFFERS H C, ENGLE D A, et al. Effect of processing, formulae and measurement variables on alkaline noodle color-To-ward an optimized laboratory system[J]. *Cereal Chemistry*, 2000, 77: 77-85.
- [8] MORRIS C F, JEFFERS H C, ENGLE D A, et al. Effect of processing, formulae and measurement variables on alkaline noodle color-To-ward an optimized laboratory system[J]. *Cereal Chemistry*, 2000, 77: 77-85.
- [9] 段虹秋, 陈洁. 小麦粉成分和制面工艺对鲜湿面色泽影响的研究[D]. 郑州: 河南工业大学, 2010: 4-6.
- [10] CHEN Cui-cui, YANG Shi-yao, HOU Guo-guo. Wheat milling and flour quality analysis for noodles in Taiwan[J]. *Asian Noodles Science Technology & Processing*, 2010, 43(15): 1-23.
- [11] AMRITPAL Kaur, NARPINDER Singh, SEERATPREET Kaur, et al. Relationship of various flour properties with noodle making characteristics among durum wheat varieties[J]. *Food Chemistry*, 2015, 118(9): 517-526.
- [12] 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): 1 838-1 842.
- [13] ZHANG Yang, YAN Jin, CHEN Xin-ming, et al. Effect of Blending Waxy Wheat Flour with Common Wheat on Protein and Starch Properties and Chinese Fresh Noodle Quality[J]. *Journal of Triticeae Crops*, 2007, 32(5): 244-249.
- [14] 王艳丽, 陈洁. 糯小麦粉对鲜湿面品质影响研究及在工业化生产中的应用[D]. 郑州: 河南工业大学, 2016: 4-9.
- [15] 金玉红, 张开利, 张兴春, 等. 双波长法测定小麦及小麦芽中直链、支链淀粉含量[J]. *中国粮油学报*, 2009, 24(1): 137-140.
- [16] 雷小艳, 王凤成, 陈志成, 等. 布勒法——硬麦实验制粉条件的优化[J]. *粮食加工*, 2007, 32(3): 142-146.
- [17] 李丽华, 周文化, 邓航, 等. 乳化剂抑制鲜湿面货架期内品质老化机理研究[J]. *食品与机械*, 2017, 33(4): 117-121.
- [18] 肖东, 周文化, 邓航, 等. 亲水多糖对鲜湿面货架期内水分迁移及老化进程的影响[J]. *食品科学*, 2016, 37(18): 298-303.
- [19] 肖东, 周文化, 邓航, 等. 3种食品添加剂对鲜湿面抗老化作用研究[J]. *食品与机械*, 2015, 31(6): 142-146.
- [20] 张智勇, 王春, 孙辉. 小麦理化特性与面条食用品质的相关性研究进展[J]. *粮油食品科技*, 2011, 19(5): 1-4.
- [21] 章绍兵, 陆启玉. 直链淀粉含量对面粉糊化特性及面条品质的影响[J]. *河南工业大学学报: 自然科学版*, 2005, 26(6): 9-12.
- [22] 宋健民, 刘爱峰, 李豪圣, 等. 小麦籽粒淀粉理化特性与面条品质关系的研究[J]. *中国农业科学*, 2008, 41(1): 272-279.
- [23] HE Zao, XIA Xian, ZHANG Yang. Breeding noodle wheat in China [M]//Asian Noodles: Science, Technology, and Processing. Wiley: Gary G, 2010: 1-23.
- [24] 郭波莉, 魏益民, 张国权, 等. 小麦品种籽粒品质与食品品质关系的研究[J]. *西北农林科技大学学报*, 2001, 29(5): 61-64.
- [25] 芦静, 张新中, 吴新元, 等. 小麦品质性状与面粉食品加工特性相关性研究[J]. *新疆农业科学*, 2002, 39(5): 290-292.
- [26] SHELKE K, DICK J W, HOLM Y F, et al. Chinese wet noodle formulation: A response surface methodology study[J]. *Cereal Chemistry*, 1990, 67(4): 338-340.
- [27] 张玲, 王宪泽, 岳永生, 等. 用 TOM 评价中国面条品质的新方法及其对小麦的影响[J]. *中国粮油学报*, 1998, 13(1): 49-51.
- [28] 黄亚伟, 杨壮. 小麦粉质特性的可见/近红外光谱快速测定研究[J]. *中国粮油学报*, 2016, 31(3): 120-123.
- [29] 付一山. 小麦粉企业质量与工艺控制的一些思考[J]. *现代小麦粉工业*, 2011(5): 39-41.
- [30] 宋娜, 李竹生, 景廉政, 等. 脱脂麦胚对小麦粉粉质特性的影响[J]. *食品工业*, 2017, 38(4): 100-104.
- [31] 李梦琴, 张剑, 冯志强, 等. 面条品质评价指标及评价方法的研究[J]. *麦类作物学报*, 2007, 27(4): 625-629.
- [32] 杨金, 姚元松. 我国优质冬小麦品种面包和干面条品质研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2002: 1-87.
- [33] 张雷, 李国德, 史宝中, 等. 两种面粉粉质曲线描述与比较分析[J]. *粮食加工*, 2014, 39(6): 17-19.
- [34] 阴丽丽. 粉质曲线在面粉厂的应用[J]. *粉质通讯*, 2006(6): 29-31.
- [35] 赵登登, 周文化. 面粉的糊化特性与鲜湿面品质的关系[J]. *食品与机械*, 2013, 29(6): 26-29.