

# 收获期对小麦粉面团流变学特性的影响

陶海腾, 王文亮, 程安玮, 段友臣, 高国强, 杜方岭

(山东省农业科学院农产品研究所, 山东济南 250100)

**摘要:** 为分析不同收获期的小麦品质, 以济麦 17、济麦 20 和济麦 22 三个品种为试验材料, 收获时间分别为 5 月 31 日、6 月 5 日、6 月 9 日、6 月 12 日和 6 月 15 日, 采用主成分分析和因子分析的方法评价面团流变学特性。结果表明, 收获期对小麦品质有一定的影响, 济麦 17、济麦 20、济麦 22 的品质最佳收获期分别为 6 月 12 日、6 月 15 日、5 月 31 日。随着收获期的延长济麦 17 的品质呈“差-好-差”的变化趋势, 济麦 22 与之相反, 济麦 20 的品质随着收获期的延长而提高。通过提早收获, 中筋小麦品种济麦 22 可以达到强筋品种济麦 17 的最佳品质。

**关键词:** 小麦; 不同收获期; 面团流变学; 主成分分析; 因子分析

中图分类号: S512.1; S371

文献标识码: A

文章编号: 1009-1041(2011)06-1089-05

## Effects of Harvest Time on Dough Rheological Properties of Wheat Flour

TAO Hai-teng, WANG Wen-liang, CHENG An-wei,  
DUAN You-chen, GAO Guo-qiang, DU Fang-ling

(Institute of Agro-Food Science and Technology, Shandong Academy of Agricultural Science, Jinan, Shandong 250100, China)

**Abstract:** To determine wheat quality at different harvest time, three varieties (Jimai 17, Jimai 20 and Jimai 22) were used as materials, and harvested separately on May 31, June 5, June 9, June 12 and June 15. Dough rheological properties of wheat grains were evaluated through principal component analysis and factor analysis. The results indicated that qualities of wheat were infected by harvest time at a certain extent. The best quality of Jimai 17, Jimai 20, Jimai 22 was harvested on June 12, June 15, May 31, respectively. With the postponing of harvest time, the quality development of Jimai 17 appeared “bad - good - bad” trend, but it was the contrast trend for Jimai 22. The quality of Jimai 20 increased with the harvest time postponing. By harvested earlier, the best quality of medium-gluten wheat (Jimai 22) may reach that of strong-gluten wheat (Jimai 17).

**Key words:** Wheat; Different harvest time; Dough rheological properties; Principal component analysis; Factor analysis

小麦是我国的主要粮食作物。随着市场经济的发展和水平的提高, 人们对小麦品质的要求与日俱增。目前, 小麦品质的改善除选用优质品种外, 主要通过调节栽培技术来实现, 如优化施肥、适期播种、合理播量、科学灌溉、适时化控

等<sup>[1-4]</sup>。而关于收获期影响小麦品质的研究较少, 仅有的研究也主要关注于收获期内降水等环境因素的影响<sup>[5-6]</sup>。事实上, 收获时间的选择对小麦品质同样重要。小麦适宜收获期时间不长, 收获过早籽粒不饱满, 收获过晚, 容易发生穗发芽。在发

\* 收稿日期: 2011-05-06 修回日期: 2011-06-25

基金项目: 农业部公益性行业(农业)科研专项(201003077)。

作者简介: 陶海腾(1979-), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事粮食品质及加工工艺研究。E-mail: taohaiteng@163.com

通讯作者: 杜方岭(1972-), 男, 硕士, 研究员, 主要从事农产品加工研究。E-mail: dufl@saas.ac.cn

达国家,小麦收获季节经常对品质进行分析,选择合适的收获期,根据其品质确定不同的食品加工用途。小麦面粉在加水揉混过程中,蛋白吸水膨胀,分子间相互连接,形成一个连续的三维网状结构,从而赋予面团黏弹性,同时具有一定的流动性,总称为面团流变学特性,是评价面粉加工品质的重要指标<sup>[7-8]</sup>。测定面团流变学特性主要是通过粉质仪和拉伸仪测定相关参数来实现的,主要包括吸水率、面团形成时间、面团稳定时间、拉伸面积、延伸性和拉伸阻力等。本研究通过综合评价不同收获期小麦面粉的面团流变学特性,选择合适的收获期,以期为改善小麦品质提供科学依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

供试小麦品种为济麦 17、济麦 20 和济麦 22。试验于 2009—2010 年在山东省章丘市龙山镇党家村进行。播期为 10 月 12 日,播量 7.5 kg/666.7 m<sup>2</sup>,4 行垄条播,行间距 15.3 cm,垄间套种行宽 40 cm,平均行距 21.25 cm,播深 4 cm。收获时间分别为 2010 年 5 月 31 日、6 月 5 日、6 月 9 日、6 月 12 日和 6 月 15 日。

### 1.2 脱粒及制粉

收获后自然晾干,小型谷物脱粒机进行脱粒,

采用布勒试验磨(无锡)磨粉。

### 1.3 面团流变学指标的测定

粉质参数采用 GB/T 14614-2006《小麦粉 面团的物理特性 吸水性和流变学特性的测定 粉质仪法》测定,拉伸参数采用 GB/T 14615-2006《小麦粉 面团的物理特性 流变学特性测定 拉伸仪法》测定。

### 1.4 数据分析

面团流变学特性的综合评价主要采用主成分分析法和因子分析法,通过 SPSS 统计软件进行数据分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同收获期小麦的面团流变学特性

从表 1 中可以看出,品种间拉伸比例相差比较明显,济麦 17 明显优于其他品种,不同的收获期对小麦的面团流变学指标有一定的影响,但从分析结果只能看到各指标的变化情况,而得不出收获期对品质的综合影响,因此需要进一步的统计分析。

### 2.2 原始数据的标准化处理

对原始数据标准化处理(表 2),即对同一变量减去均值再除以标准差,以便消除原始数据间量纲不同的影响,使标准化后的数据具有可比性,每一变量的平均值为 0,方差为 1。

表 1 不同收获期小麦的面团流变学指标

Table 1 Dough rheological properties of wheat flour at different harvest time

品种 Variety	收获时期 Harvest time/ (month-day)	吸水率 Absorption rate	形成时间 Developing time	稳定时间 Stable time	拉伸面积 Extension area	拉伸阻力 Extension resistance	延伸性 Extensibility	拉伸比例 Extension proportion
济麦 17	5-31	64.0	2.7	6.0	89	376	142	2.6
	6-5	65.0	2.0	2.9	93	365	154	2.4
	6-9	63.2	3.7	9.0	96	349	154	2.3
	6-12	63.1	4.2	8.0	113	407	155	2.6
	6-15	63.1	4.4	7.6	86	290	161	1.8
济麦 20	5-31	60.7	3.7	3.4	60	197	174	1.1
	6-5	61.0	2.7	4.0	54	209	153	1.4
	6-9	62.9	3.4	2.6	66	239	160	1.5
	6-12	62.8	3.0	2.8	53	196	159	1.2
	6-15	61.9	2.8	2.6	48	173	163	1.1
济麦 22	5-31	60.9	3.5	3.5	45	184	153	1.2
	6-5	59.8	2.7	4.4	63	255	151	1.7
	6-9	62.2	2.5	3.4	53	196	159	1.2
	6-12	62.7	3.7	3.7	61	216	163	1.3
	6-15	61.2	3.2	3.4	75	238	171	1.4

## 2.3 主成分分析

### 2.3.1 相关系数矩阵

用 SPSS 软件处理标准化后的数据可得 7 个变量的相关系数矩阵(表 3),71%的数据绝对值大于 0.30,各变量两两之间有较大的相关系数,因而适宜用主成分分析法来研究变量之间的关系。

### 2.3.2 主成分的确定

相关系数的特征值和方差贡献率的计算结果见表 4,第 1 至 2 主成分的相关矩阵特征值分别为 4.240 和 1.532,其贡献率分别为 60.567%和 21.884%,前两个主成分的累计贡献率已达 82.452%,故取前两个主成分时所反映的信息量

已达原始信息的 82%以上。

### 2.3.3 初始因子载荷矩阵

因子载荷量表示主成分与对应变量的相关系数。由输出的因子模型可以看出(表 5),吸水率、稳定时间、拉伸面积、拉伸阻力、拉伸比例在第 1 主成分的因子载荷量分别为 0.688、0.789、0.943、0.981、-0.548、0.976,与第 1 主成分存在着很强的相关性;形成时间、延伸度在第 2 主成分的因子载荷量为 0.932、0.577,与第 2 主成分关系最密切。4 个变量的方差估计均大于 0.900,由最终公共因子方差估计表明,所有变量可较好地由第 1、2 主成分所解释。

表 2 面团流变学的标准化数据

Table 2 Standardized data of dough rheological properties

品种 Variety	收获时期 Harvest time /(month-day)	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>
济麦 17	5-31	1.227	-0.772	0.716	0.911	1.489	-2.028	1.709
	6-5	1.949	-1.824	-0.751	1.106	1.349	-0.520	1.348
	6-9	0.650	0.731	2.135	1.252	1.145	-0.520	1.167
	6-12	0.577	1.483	1.662	2.081	1.885	-0.394	1.709
	6-15	0.577	1.784	1.473	0.764	0.392	0.360	0.265
济麦 20	5-31	-1.155	0.731	-0.514	-0.504	-0.796	1.995	-0.999
	6-5	-0.938	-0.772	-0.230	-0.797	-0.643	-0.645	-0.457
	6-9	0.433	0.281	-0.893	-0.211	-0.260	0.235	-0.277
	6-12	0.361	-0.321	-0.798	-0.846	-0.809	0.109	-0.818
	6-15	-0.289	-0.621	-0.893	-1.089	-1.102	0.612	-0.999
济麦 22	5-31	-1.010	0.431	-0.467	-1.236	-0.962	-0.645	-0.818
	6-5	-1.804	-0.772	-0.041	-0.358	-0.055	-0.897	0.084
	6-9	-0.072	-1.072	-0.514	-0.846	-0.809	0.109	-0.818
	6-12	0.289	0.731	-0.372	-0.455	-0.553	0.612	-0.638
	6-15	-0.794	-0.020	-0.514	0.228	-0.272	1.618	-0.457

X<sub>1</sub>:吸水率 Absorption rate; X<sub>2</sub>:形成时间 Developing time; X<sub>3</sub>:稳定时间 Stable time; X<sub>4</sub>:拉伸面积 Extension area; X<sub>5</sub>:拉伸阻力 Extension resistance; X<sub>6</sub>:延伸性 Extensibility; X<sub>7</sub>:拉伸比例 Extension proportion.

表 3 面团流变学指标的相关系数

Table 3 Correlation matrix of dough rheological properties

指标 Index	吸水率 AR	形成时间 DT	稳定时间 ST	拉伸面积 EA	拉伸阻力 ER	延伸性 EX	拉伸比例 EP
吸水率	1.000						
形成时间	-0.058	1.000					
稳定时间	0.278	0.568	1.000				
拉伸面积	0.616	0.292	0.745	1.000			
拉伸阻力	0.653	0.114	0.703	0.960	1.000		
延伸度	-0.317	0.322	-0.342	-0.271	-0.508	1.000	
拉伸比例	0.642	0.037	0.687	0.917	0.991	-0.613	1.000

AR: Absorption rate; HT: Harvest time; DT: Developing time; ST: Stable time; EA: Extension area; ER: Extension resistance; EX: Extensibility; EP: Extension proportion. The same are as in table 5.

表4 面团流变学指标的特征值和方差贡献率

Table 4 Eigenvalues and contributions of dough rheological properties

成份 Component	初始特征值 Initial eigenvalues			提取平方和载入 Extracted square and loading		
	合计 Total	方差/% Variance	累积/% Cumulative	合计 Total	方差/% Variance	累积/% Cumulative
1	4.240	60.567	60.567	4.240	60.567	60.567
2	1.532	21.884	82.452	1.532	21.884	82.452
3	0.749	10.707	93.159			
4	0.358	5.115	98.274			
5	0.115	1.644	99.918			
6	0.005	0.072	99.990			
7	0.001	0.010	100.000			

2.3.4 主成分表达式

用载荷矩阵(表5)中的数据除以主成分相对应的特征值开平方根便得到两个主成分中每个指标所对应的系数。由于前两个主成分已反映全部信息的92%，因此只写出第1、2主成分与各个变量的线性组合的表达式：

$$F_1 = 0.334X_1 + 0.098X_2 + 0.383X_3 + 0.458X_4 + 0.476X_5 - 0.266X_6 + 0.474X_7$$

$$F_2 = -0.216X_1 + 0.753X_2 + 0.364X_3 + 0.139X_4 - 0.047X_5 + 0.466X_6 - 0.124X_7$$

以每个主成分所对应的特征值占所提取主成分总的特征值之和的比例作为权重计算主成分综合模型：

$$F = 0.188X_1 + 0.272X_2 + 0.378X_3 + 0.373X_4 + 0.337X_5 + (-0.072X_6) + 0.315X_7$$

表5 主成分的初始因子载荷矩阵和公因子方差

Table 5 Component matrix and common factor variance of principal components

指标 Index	载荷矩阵 Component matrix		公因子方差 Common factor variance	
	成份1 Component 1	成份2 Component 2	初始 Initial	提取 Extraction
吸水率	0.688	-0.267	1.000	0.544
形成时间	0.202	0.932	1.000	0.909
稳定时间	0.789	0.451	1.000	0.825
拉伸面积	0.943	0.172	1.000	0.919
拉伸阻力	0.981	-0.058	1.000	0.965
延伸度	-0.548	0.577	1.000	0.633
拉伸比例	0.976	-0.153	1.000	0.976

表6 不同收获期面团流变学特性的综合排名

Table 6 Principal value, integrative value of principal and rank of different harvest time

品种 Variety	收获期 Harvest time (month-day)	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F	排名 Rank	综合排名 Total Rank
济麦 17	5-31	3.084	-1.686	1.818	3	3
	6-5	2.110	-2.386	0.917	5	5
	6-9	2.916	0.921	2.387	2	2
	6-12	3.740	1.402	3.119	1	1
	6-15	1.498	1.977	1.625	4	4
济麦 20	5-31	-2.125	1.634	-1.127	5	7
	6-5	-1.193	-0.787	-1.085	4	6
	6-9	3.084	-1.686	1.818	2	3
	6-12	2.110	-2.386	0.917	3	5
	6-15	2.916	0.921	2.387	1	2
济麦 22	5-31	3.740	1.402	3.119	1	1
	6-5	1.498	1.977	1.625	3	4
	6-9	-2.125	1.634	-1.127	5	7
	6-12	-1.193	-0.787	-1.085	4	6
	6-15	3.084	-1.686	1.818	2	3

### 2.3.5 主成分值、综合主成分值及排序

根据主成分表达式计算出不同收获期的小麦品质(表6),收获期不同对小麦品质有一定的影响,济麦17、济麦20、济麦22的品质最佳收获期分别为6月12日、6月15日、5月31日。从品质变化规律来看,随着收获期的延长,济麦17的品质呈“差-好-差”的变化趋势,济麦22与之相反,济麦20的品质随着收获期的延长而提高。从小麦品质总排名看,通过提早收获,中筋小麦品种济麦22在5月31日的品质可以达到强筋品种济麦17在6月12日的最佳品质。但由于济麦22的品质最佳收获期提前时间太多,若此时收获会在相当程度上影响产量,因此济麦22的最佳收获期可以确定在6月15日。

## 3 讨论

灌浆期是小麦品质形成的关键时期,这期间干物质积累占籽粒重量的1/3以上<sup>[9]</sup>。收获期属于小麦灌浆后期,蛋白、淀粉、脂类等营养成分继续在籽粒中积累,收获的早晚会在一定程度上影响品质;而且收获季节经常出现复杂的气候变化,如持续大范围降雨、天气高温高湿等,会导致穗上发芽、籽粒发霉等,同样会造成品质下降<sup>[10-11]</sup>。通过分析济麦17、济麦20和济麦22不同收获期的品质可以看出,品质最佳收获期因品种而异,通过提前收获中筋小麦品种济麦22可以达到强筋品种济麦17的品质。所以,除了合理施肥、灌溉等栽培措施外,可以通过收获期的选择在一定程度上提高现有小麦品种的品质。

小麦收获以往只关注产量,一般定在蜡熟末期,此时收获小麦千粒重和产量最高。而忽略了收获期的品质变化,从分析结果来看,品种不同变化规律不同,济麦17和济麦20两个强筋品种的品质最佳期在后期,而中筋品种济麦22在前期和后期。由于过早收获,籽粒干物质积累量不足,会造成大幅度减产,因此需要关注后期的品质变化,选择品质较好的后期收获可同时兼顾产量。据此,济麦17、济麦20和济麦22在山东地区的最佳收获期可初步确定为6月12日、6月15日、

6月15日。

面团流变学特性虽然是小麦品质的重要指标,但并不是品质判定的唯一标准。小麦品质是一个综合概念,是形态品质、营养品质和加工品质的有机结合。小麦品质是小麦对某种特定用途、加工产品的适合度和满意度的综合而相对的概念,与小麦的使用目的和用途密切相关,以最终加工用途评价小麦及其相关产品的品质,是小麦品质评价的原则<sup>[12]</sup>。除了面团流变学指标测定外,还应进行烘焙、蒸煮等加工工艺处理,结合物理特性、化学特性及食品品质等诸多因素,才能准确客观地评价小麦品质,从而进一步确定合适的收获期。

### 参考文献:

- [1] 闫翠萍,张永清,张定一,等. 播期和种植密度对强、中筋冬小麦蛋白质组分及品质性状的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19:1733-1740.
- [2] 严美玲,蔡瑞国,贾秀领,等. 不同灌溉处理对小麦蛋白组分和面团流变学特性的影响[J]. 作物学报, 2007, 33(2): 337-340.
- [3] 朱云集,沈学善,李国强,等. 硫吸收同化分配及其对小麦产量和品质影响的研究进展[J]. 麦类作物学报, 2005, 25(6): 134-138.
- [4] Frances M D, William J H, William H V, *et al.* Protein accumulation and composition in wheat grains: Effects of mineral nutrients and high temperature [J]. *European Journal of Agronomy*, 2006, 25(2): 96-107.
- [5] 游玉明,陈井旺. 面团流变学特性研究进展[J]. 面粉通讯, 2008, 3: 46-48.
- [6] 李宁波,王晓曦,于磊,等. 面团流变学特性及其在食品加工中的应用[J]. 食品科技, 2008, 33(8): 35-38.
- [7] 于立河,刘德福,郭伟,等. 收获期降雨对春小麦品质的影响[J]. 麦类作物学报, 2007, 27(4): 658-660.
- [8] 廖先静,邱冬云,陈慧芳,等. 收获期降雨对强筋小麦品质的影响[J]. 安徽农业科学, 2010, 38(15): 7988-8132.
- [9] 李世清,邵明安,李紫燕,等. 小麦籽粒灌浆特征及影响因素的研究进展[J]. 西北植物学报, 2003, 23(11): 2031-2039.
- [10] 高焕文, Moore G A. 不及时收获引起的小麦品质损失[J]. 北京农业工程大学学报, 1991, 11(1): 6-14.
- [11] 连志鸾,赵世林,匡顺四. 物候观测资料在小麦收获期预报中的应用[J]. 中国农业气象, 2006, 27(3): 226-228.
- [12] 楚炎沛,刘伟森. 面包品质评价体系的研究进展[J]. 粮油食品科技, 2010, 18(2): 7-9.