

文章编号:1673-2383(2019)05-0001-06

网络出版网址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/41.1378.N.20191107.1020.002.html>

网络出版时间:2019-11-7 10:21

# 新收获小麦在储藏过程中面筋聚集特性研究

耿瑞蝶, 张霞, 王琦, 李金河, 王金水\*

(河南工业大学 生物工程学院, 河南 郑州 450001)

**摘要:**新收获小麦具有后熟期, 经过后熟期储藏的小麦其品质会有明显的提升。如能找到一种简便、快捷地检测新收获小麦在储藏过程中品质变化的方法, 将使新收获小麦的应用得到拓展。面筋峰值仪是一种运用高剪切力原理、快速测定面筋强度、反映面筋聚集特性的仪器。利用面筋峰值仪测定新收获泛麦 8 号中筋小麦在模拟我国主要的 4 个储粮区域进行储藏过程中面筋的聚集特性, 从而判断小麦的品质变化。结果表明: 新收获小麦在短期储藏过程中, 峰值形成时间逐渐增长, 峰值扭矩变化不大, 峰值面积逐渐增大。这表明面筋的形成时间逐渐增长, 流变学特性得到提升; 面筋延伸抗性增大, 延展性降低, 面筋强度增大。因此, 利用面筋峰值仪可以判断出新收获小麦在储藏过程中品质得到改善, 并且在华中生态区域(28 ℃, RH 75%) 储藏至第 10 周左右时面筋的聚集特性最好, 小麦品质达到最佳。

**关键词:**新收获小麦; 储藏; 面筋聚集特性

**中图分类号:**TS201.2

**文献标志码:**B

## 0 引言

小麦是世界上种植广泛、食用人口众多的重要粮食作物。小麦的种植几乎遍布我国各地, 其产量约占粮食总产量的 20%, 其品质与人们的健康生活息息相关<sup>[1]</sup>。小麦有良好的耐储藏性, 是我国主要的长期储备粮粮种之一, 但是, 新收获的小麦在生理上还没有真正的成熟, 生化特性不稳定, 加工和食用品质较差。小麦在收获之后经过后熟期的储藏, 生理生化特性和品质都得到了明显的提升和改善<sup>[2-3]</sup>。根据小麦品种的不同, 新收获的小麦一般需要经过 10~90 d 的储藏期来完成成熟, 探索新收获小麦在储藏过程中品质改变的机理, 开发缩短小麦后熟期的方法, 有助于降低小麦产后流通成本, 提高小麦产后利用率<sup>[4-6]</sup>。

国内外关于小麦品质的研究很多, 然而对新收获小麦在短期储藏过程中品质变化的研究还

不够深入和具体, 这就使新收获小麦的应用受到了一定程度的阻碍。另外, 依据现行的国家或国际标准, 使用粉质仪测定面粉性质时所用的时间较长, 使得对储藏过程中小麦品质的快速检测和评判受到了限制。因此, 期望发现一种简便、快捷而且能够准确检测小麦品质的方法。面筋峰值仪(GlutoPeak)是德国 Brabender 公司研制的一种运用高剪切力来迅速检测面筋强度从而判断面筋质量的仪器, 它能够检测蛋白质质量及面筋质量, 判断样品的流变学特性, 从而为小麦和小麦制品的品质控制及分析提供技术支持, 且操作简单易行。作者通过测定新收获小麦在储藏过程中的面筋峰值仪参数来探究其面筋聚集特性, 期望快速评价新收获小麦在储藏过程中的品质变化。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材料与试剂

小麦样品是在当地市场上收购的新收获无虫害泛麦 8 号。模拟我国 4 个主要储粮生态区域: 蒙新生态区域 15 ℃、RH 50% (WT1); 华北生态区域 20 ℃、RH 65% (WT2); 华中生态区域

收稿日期:2019-03-25

基金项目:国家自然科学基金面上项目(31771897)

作者简介:耿瑞蝶(1995—),女,河南郑州人,硕士研究生,研究方向为生物技术。

\* 通信作者:王金水,教授,E-mail:jinshuiw@163.com

28 ℃、RH 75%(WT3);华南生态区域 35 ℃、RH 85%(WT4),连续储藏 14 周。为了防止储藏环境中的水分、湿度、气体成分等对样品造成影响,将样品放入密封袋排尽气体、双层密封。

无水氯化钙为分析纯试剂。

## 1.2 仪器与设备

BSA223S 电子分析天平:赛多利斯科学仪器有限公司;101 A-2 电热鼓风干燥箱:上海实验仪器厂有限公司;LFP-800 A 高速多功能粉碎机:无锡锡粮机械制造有限公司;面筋峰值仪:德国 Brabender 公司。

## 1.3 方法

### 1.3.1 小麦粉的制备

将小麦样品过筛,去除杂质和坏的小麦颗粒以及破碎粒等得到净麦,然后使用多功能粉碎机将小麦颗粒粉碎制成样品。将小麦粉样品过 60 目筛得到较小粒度的小麦粉,装入自封袋双层密封,置于 4 ℃ 冰箱储存备用。

### 1.3.2 小麦粉水分含量的测定

参照 GB 5009.3—2016 中的方法。

### 1.3.3 小麦粉面筋聚集特性的测定

面筋聚集特性的测定参照 Chandi 等<sup>[7]</sup>的方法,使用面筋峰值仪进行测定。将 8.5 g 样品分散在 9.5 g 0.5 mol/L CaCl<sub>2</sub> 溶液中,以小麦粉水分含量 14% 计算实际面粉和溶剂的质量,以保持液固比(1.26)恒定。用水浴箱中的循环水将样品温度保持在 34 ℃。桨叶转速为 1 900 r/min,测试时间为 7 min。

面筋峰值仪评估曲线如图 1 所示,各项指标及含义<sup>[8]</sup>:*PMT*(Peak Maximum Time)为到达峰值扭矩所要的时间(峰值时间),s;*BEM*(Torque Maximum)为最大扭矩(峰值扭矩),BU;*AM*(Torque before Maximum)为达到峰值扭矩前 15 s 的扭矩(峰值前值),BU;*PM*(Torque after Maximum)为达到峰值扭矩后 15 s 的扭矩(峰值后值),BU;*EnMT*(Energy to Maximum Time)为从测试开始到峰值之间的曲线下面积,GPI。通过对比不同样品面筋峰值的形成时间(*PMT*)、最大扭矩(*BEM*)以及到达峰值所形成的曲线面积(*EnMT*)来探究新收获小麦在储藏过程中蛋白质聚集特性的变化规律。

## 1.4 数据处理

所有数据为 3 次平行试验数据的平均值,采用 Origin 9.0 和 SPSS 17.0 进行数据处理和

显著性分析。

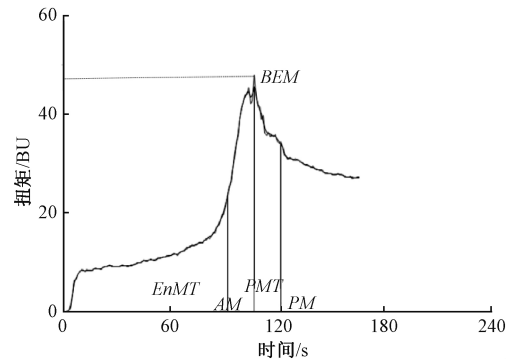


图 1 面筋峰值仪评估曲线

Fig.1 GlutoPeak graph

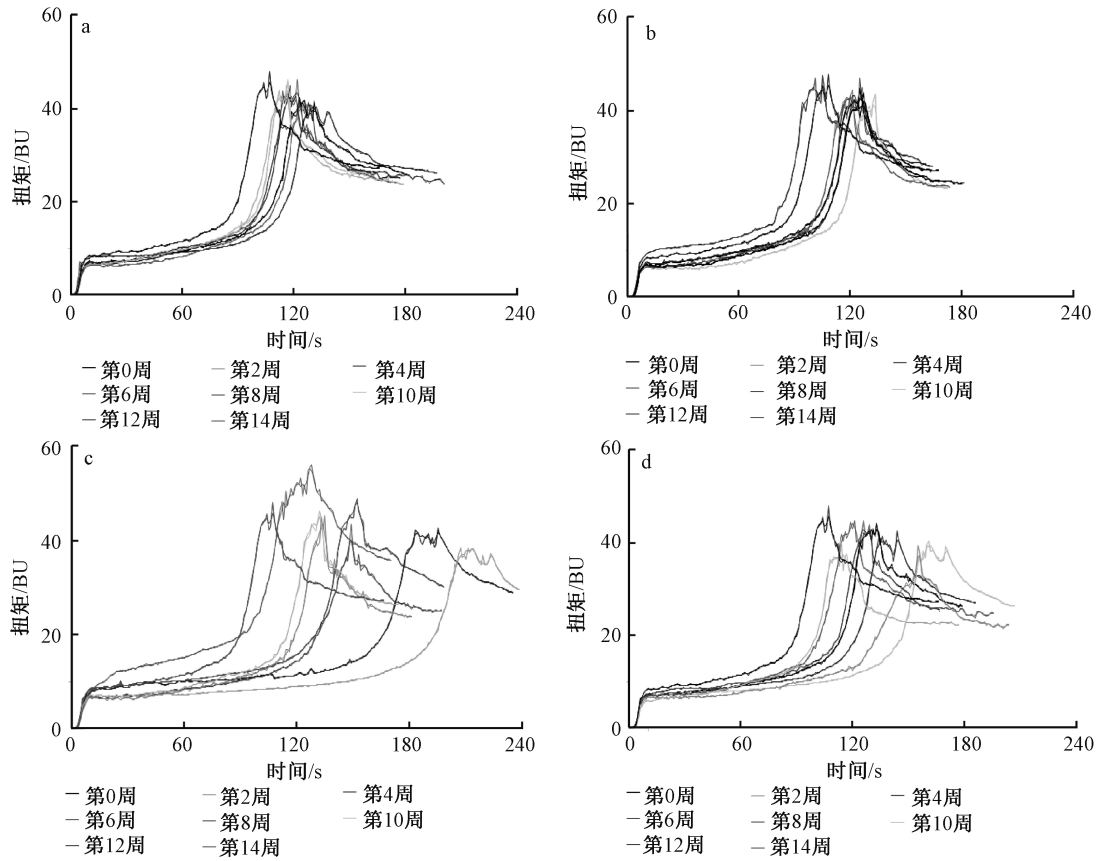
## 2 结果与分析

在 4 种储藏条件下由面筋聚集仪提供的评估曲线见图 2。在测试过程中,样品与溶剂混合,由于受到强烈的机械作用逐渐形成面筋网络,并且扭矩随混合时间的延长而急剧增加;若进一步混合,面筋网络则会遭到破坏,扭矩曲线将逐渐下降。

### 2.1 新收获小麦在储藏过程中 *PMT* 的变化

GlutoPeak 参数可以反映 4 种不同储藏条件下的小麦在储藏过程中 *PMT* 的变化规律。*PMT* 为在机械力的作用下面粉与溶剂充分混合直至形成面筋网络的时间。表 1 为 4 种储藏条件下随着储藏时间的增长峰值时间的变化。可以看出,在后期储藏过程中小麦样品的 *PMT* 与新收获的小麦相比整体呈现上升趋势,在不同的储藏环境下,变化趋势略有不同。在 WT1 条件下,随着储藏时间的增长,*PMT* 呈先上升后下降再上升的趋势,在储藏前期呈逐渐升高的趋势,在第 10 周显著下降,在第 12 周显著上升然后趋于稳定;在 WT2 条件下,储藏前期小麦样品的 *PMT* 逐渐上升,在第 12 周略有下降,但差异不显著;在 WT3 和 WT4 条件下,随着储藏时间的增长,*PMT* 均呈先上升后下降的趋势。整体而言,高温高湿(WT3 和 WT4)条件下的 *PMT* 高于低温低湿(WT1 和 WT2)条件下的,且在 WT3 条件下储存第 10 周的 *PMT* 最高。

Markus 等<sup>[9-10]</sup>使用 9 个不同品种的小麦,研究面筋聚集仪的各项参数与小麦流变学特性之间的相关性,结果表明,峰值时间与面筋网络



注:a、b、c、d分别代表蒙新生态区域 15℃、RH 50%;华北生态区域 20℃、RH 65%;华中生态区域 28℃、RH 75%;华南生态区域 35℃、RH 85%。

图2 新收获小麦在4种储藏条件下的面筋聚集曲线

Fig.2 GlutoPeak graph during storage of newly harvested wheat under four storage conditions

表1 新收获小麦在储藏过程中PMT的变化

Table 1 Changes in PMT during storage of newly harvested wheat

储藏时间/周	PMT/s			
	(15℃, RH 50%)	(20℃, RH 65%)	(28℃, RH 75%)	(35℃, RH 85%)
0	103.00±12.49 <sup>a</sup>	103.00±12.49 <sup>a</sup>	103.00±12.49 <sup>a</sup>	103.00±12.49 <sup>a</sup>
2	114.33±3.79 <sup>b</sup>	114.33±4.04 <sup>abc</sup>	131.67±6.51 <sup>b</sup>	117.33±6.81 <sup>ab</sup>
4	123.33±2.08 <sup>bc</sup>	121.67±4.62 <sup>abcd</sup>	129.67±14.01 <sup>b</sup>	117.67±15.63 <sup>ab</sup>
6	122.67±3.79 <sup>bc</sup>	122.67±4.16 <sup>bcd</sup>	129.00±3.46 <sup>b</sup>	130.00±4.00 <sup>bc</sup>
8	129.00±4.00 <sup>c</sup>	125.33±5.51 <sup>cd</sup>	153.00±11.36 <sup>c</sup>	135.00±25.24 <sup>bc</sup>
10	115.33±1.15 <sup>b</sup>	138.33±23.86 <sup>d</sup>	217.67±16.50 <sup>d</sup>	160.00±9.17 <sup>d</sup>
12	125.67±4.73 <sup>c</sup>	123.33±5.03 <sup>bcd</sup>	195.33±11.02 <sup>c</sup>	132.67±1.53 <sup>bc</sup>
14	127.67±3.21 <sup>c</sup>	104.33±3.51 <sup>ab</sup>	155.67±9.07 <sup>c</sup>	142.67±7.09 <sup>cd</sup>

注:数据为平均值±标准偏差,同一列肩标的不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ ),下同。

的形成时间成正比,说明峰值时间与面筋的流变学特性之间呈现相关性,从而可以反映小麦样品的流变学特性。由此可以看出,新收获小麦在储藏过程中面筋网络的形成时间与未储藏小麦相比显著升高。这说明新收获小麦经过储藏,其面筋的粉质特性得到改善,小麦的品质

变好。

一般而言,筋力强、质量好的面粉与水混合后达到峰值扭矩所需的时间较长,形成的面筋网络之间的相互作用力较强,面筋结构稳定,筋力较强<sup>[11-12]</sup>。因此,新收获的小麦经过储藏,面筋的筋力有所提高,小麦的品质得到改善。从4个

不同储藏条件及不同储藏周期的小麦样品的 *PMT* 可以看出,在 WT3 条件下,储存第 10 周的小麦样品的品质最好,其面筋网络形成的时间最长,面筋筋力最强。

## 2.2 新收获小麦在储藏过程中 *BEM* 的变化

在使用面筋峰值仪进行测试的过程中,样品受到强烈的机械作用会形成面筋网络,

峰值扭矩 (*BEM*) 反映了破坏面筋结构所需要的力的大小,峰值扭矩越大,证明面筋被破坏时所需的力越大。表 2 是新收获小麦在储藏过程中,随着储藏时间的延长峰值扭矩的变化。在不同的储藏条件下,样品的 *BEM* 整体变化不大,WT3 条件下储藏的小麦样品的 *BEM* 最大。

表 2 新收获小麦在储藏过程中 *BEM* 的变化

Table 2 Changes in *BEM* during storage of newly harvested wheat

储藏时间/周	<i>BEM</i> /BU			
	(15 °C, RH 50%)	(20 °C, RH 65%)	(28 °C, RH 75%)	(35 °C, RH 85%)
0	46.00±1.00 <sup>a</sup>	46.00±1.00 <sup>a</sup>	46.00±1.00 <sup>a</sup>	46.00±1.00 <sup>a</sup>
2	44.33±1.15 <sup>ab</sup>	43.00±1.00 <sup>bc</sup>	44.00±1.00 <sup>ab</sup>	40.67±3.21 <sup>b</sup>
4	41.33±1.53 <sup>cd</sup>	41.33±1.53 <sup>b</sup>	42.00±1.00 <sup>bc</sup>	44.33±0.58 <sup>ab</sup>
6	43.67±1.53 <sup>bd</sup>	42.67±1.15 <sup>bc</sup>	55.00±0.00 <sup>d</sup>	42.67±0.58 <sup>ab</sup>
8	42.67±1.53 <sup>bcd</sup>	42.33±0.58 <sup>bc</sup>	37.00±2.65 <sup>e</sup>	40.67±6.35 <sup>b</sup>
10	43.33±0.58 <sup>bd</sup>	42.00±1.00 <sup>bc</sup>	38.00±1.00 <sup>e</sup>	39.33±1.53 <sup>b</sup>
12	41.33±0.58 <sup>cd</sup>	44.00±1.00 <sup>ac</sup>	41.00±1.73 <sup>c</sup>	43.00±0.00 <sup>ab</sup>
14	40.67±1.53 <sup>c</sup>	45.67±1.53 <sup>c</sup>	46.00±1.73 <sup>a</sup>	40.67±0.58 <sup>b</sup>

在试验中发现,储藏初期的小麦样品在搅拌过程中所形成的面筋网络结构较为松散,随着储藏时间的增长,面筋网络结构逐渐变得紧密。另外,有研究表明,峰值扭矩的变化与小麦粉中蛋白质的含量高度相关<sup>[13-14]</sup>。由此判断,新收获小麦在短期储藏过程中蛋白质的含量变化不大。由此推断,新收获小麦在储藏过程中面筋品质发生变化不是由蛋白含量的变化引起的,而可能是由于蛋白质结构和组成的改变造成的<sup>[15]</sup>。

## 2.3 新收获小麦在储藏过程中 *EnMT* 的变化

面筋聚集仪的 *EnMT* 代表了从测试开始到达到峰值所围成的面积,它可以用来区分不同样品

麦谷蛋白大聚体的含量并预测与面筋强度和延展性相关的常规参数<sup>[16]</sup>。由表 3 可知,在 WT1 条件下,*EnMT* 在第 6 周显著上升;在 WT2 条件下,*EnMT* 变化不显著;在 WT3 条件下,储藏前期 *EnMT* 变化不大,在储藏第 6 周时显著升高并取得最大值;在 WT4 条件下,随着储藏时间的增长,*EnMT* 逐渐变大,但不具有显著性。由此判断,新收获小麦在储藏过程中麦谷蛋白大聚体的含量增多,面筋的弹性和强度都有所提高,这与先前的研究一致<sup>[17]</sup>。在高温高湿条件下小麦样品的 *EnMT* 明显高于低温低湿条件,且 WT3 条件下该值最大,由此说明该储藏条件下面筋的强度最大,品质最好。

表 3 新收获小麦在储藏过程中 *EnMT* 的变化

Table 3 Changes in *EnMT* during storage of newly harvested wheat

储藏时间/周	<i>EnMT</i> /GPI			
	(15 °C, RH 50%)	(20 °C, RH 65%)	(28 °C, RH 75%)	(35 °C, RH 85%)
0	1 528.00±25.53 <sup>ab</sup>	1 528.00±25.53 <sup>ab</sup>	1 528.00±25.53 <sup>a</sup>	1 528.00±25.53 <sup>a</sup>
2	1 513.00±56.93 <sup>ab</sup>	1 528.67±126.91 <sup>ab</sup>	1 717.00±43.55 <sup>ab</sup>	1 566.67±154.45 <sup>a</sup>
4	1 479.33±81.30 <sup>a</sup>	1 476.00±41.94 <sup>a</sup>	1 535.67±94.30 <sup>a</sup>	1 572.67±83.94 <sup>a</sup>
6	1 620.33±6.66 <sup>bc</sup>	1 597.67±112.61 <sup>ab</sup>	2 674.00±88.61 <sup>c</sup>	1 589.67±21.01 <sup>a</sup>
8	1 674.33±62.01 <sup>c</sup>	1 637.00±37.24 <sup>bc</sup>	1 873.67±143.51 <sup>b</sup>	1 743.00±215.17 <sup>ab</sup>
10	1 478.00±27.62 <sup>a</sup>	1 595.33±140.36 <sup>ab</sup>	2 408.00±75.15 <sup>d</sup>	1 835.00±41.94 <sup>b</sup>
12	1 528.33±62.75 <sup>ab</sup>	1 681.67±28.11 <sup>bc</sup>	2 638.00±291.77 <sup>c</sup>	1 741.00±72.77 <sup>ab</sup>
14	1 670.67±144.59 <sup>c</sup>	1 755.33±42.03 <sup>c</sup>	2 285.00±60.02 <sup>d</sup>	1 870.00±122.65 <sup>b</sup>

### 3 结论

本研究使用面筋峰值仪能够快速评价不同储藏条件和储藏时间的新收获小麦的面筋聚集特性。新收获小麦在储藏过程中的 *PMT*、*BEM* 和 *EnMT* 可以反映面筋的形成时间、面筋结构及面筋强度,从而预测新收获小麦在储藏过程中品质的变化。结果表明,新收获小麦在储藏过程中,面筋形成时间逐渐增长,流变学特性得到提升;面筋结构逐渐变得紧密,面筋的延伸抗性增大、延展性降低;面筋强度逐渐变大。因此,新收获小麦在储藏过程中其品质得到改善。另外,在4种储藏条件下,小麦在华中生态区域(28℃, RH 75%)储藏至第10周左右面筋的聚集特性最好,此时小麦的品质最好。

#### 参考文献:

- [1] 王若兰,黄亚伟,刘毅,等.小麦储藏品质评价指标研究[J].粮食科技与经济,2007,32(6):31-32.
- [2] 徐瑞,谭晓荣,王晓曦.小麦后熟期间主要品质相关因素的变化[J].农业机械,2012(10):54-57.
- [3] GERJETS T, SCHOLEFIELD D, FOULKES M J, et al. An analysis of dormancy ABA responsiveness after-ripening and pre-harvest sprouting in hexaploid wheat (*Triticumaestivum* L.) caryopses [J]. Journal of Experimental Botany, 2010, 61(2):597-607.
- [4] 徐天云,刘肿,郑学玲,等.面粉熟化时间对馒头品质的影响[J].现代食品科技,2015,31(6):264-271.
- [5] 卢俊涛.小麦安全储藏技术[J].河南农业,2011(5):63.
- [6] 王瑞,王晓曦,景红娟,等.小麦后熟期间面筋蛋白变化机理及影响因素[J].粮食与油脂,2014,27(12):1-4.
- [7] CHANDI G K, SEETHARAMAN K. Optimization of gluten peak tester: A statistical approach[J]. Journal of Food Quality, 2012, 35(1):69-75.
- [8] 赵春晖,刘静,曾淑萍,等.面筋聚集仪及其研究进展[J].现代面粉工业,2016(1):27-29.
- [9] MARKUS B, PATRICK S, PETER K. Determination of gluten aggregation behaviour from different wheat cultivars and correlation with the rheological and baking properties [C] // International Symposium on Food Rheology and Structure, 2012.
- [10] WIESER H, KIEFFER R. Correlations of the amount of gluten protein types to the technological properties of wheat flours determined on a microscale [J]. Journal of Cereal Science, 2001, 34(1):19-27.
- [11] GOLDSTEIN A, ASHRAFI L, SEETHARAMAN K. Effects of cellulosic fibre on physical and rheological properties of starch, gluten and wheat flour [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2010, 45(8):1641-1646.
- [12] 宋亚博,宋斌,麻琦,等.使用面筋峰值仪快速评价小麦品质的研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2017,38(5):45-49.
- [13] MARTI A, ULRICI A, FOCA G, et al. Characterization of common wheat flours (*Triticumaestivum* L.) through multivariate analysis of conventional rheological parameters and Gluten Peak Test indices [J]. LWT - Food Science and Technology, 2015, 64(1):95-103.
- [14] GURPREET K C, CHANG W L, NG Y J, et al. Functionality of kamut and millet flours in macro wire cut cookie systems [J]. Journal of Food Science and Technology, 2015, 52(1):556-561.
- [15] 万安平,金丽,宋秀英.新收获小麦在储藏过程中品质变化规律的研究[J].粮食储藏,1999,28(2):31-37.
- [16] ALESSANDRA M, ELLIOT A, STEVEN C, et al. Correlations between gluten aggregation properties defined by the GlutoPeak test and content of quality-related protein fractions of winter wheat flour [J]. Journal of Cereal Science, 2015, 66:89-95.
- [17] 邹凤羽.新收获小麦粉流变学特性和食用品质变化[J].粮食科技与经济,2002,27(1):41-43.

## Study on Gluten Aggregation Characteristics of Newly Harvested Wheat During Storage

GENG Ruidie, ZHANG Xia, WANG Qi, LI Jinhe, WANG Jinshui

(College of Biological Engineering, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** The newly harvested wheat has a distinct post-maturing period, and its quality will be significantly improved after storage in the post-maturing period. The purpose of this study was to find a simple and quick way to detect the quality changes during the storage of newly harvested wheat, and to expand the application of newly harvested wheat. GlutoPeak is an instrument that uses the principle of high shear force to quickly measure gluten strength and reflect gluten aggregation characteristics. Therefore, the method used in this paper was to use the GlutoPeak to determine the aggregation characteristics of gluten in the storage process of the newly harvested Fanmai 8 medium gluten wheat, which was planted in the simulated four main grain storage areas in China, so as to judge the quality changes of wheat. The results showed that during the short-term storage, Peak Maximum Time (*PMT*) provided by the GlutoPeak gradually increased; Torque Maximum (*BEM*) did not change much; Energy to Maximum Time (*EnMT*) gradually increased. This indicated that the aggregation time of the gluten gradually increased, and the rheological properties were improved; the resistance of the dough tendon increased, the extension was lowered, and the gluten strength was improved. Therefore, it was concluded that the GlutoPeak could be used to judge the quality of the newly harvested wheat during storage; and the gluten aggregation characteristics were the best when stored in the simulated Central China ecological region (28 °C, 75% RH) until the 10th week. At the same time, the quality was the best.

**Key words:** newly harvested wheat; storage; gluten aggregation characteristics