质构仪测定小麦面筋的硬度与弹性

张浩，李雪琴
（河南工业大学粮油食品学院，河南郑州 450001）

摘要：选取我国 9 个省份的 30 个小麦品种作为样品，利用质构仪测定小麦粉湿面筋质的硬度和弹性。结果显示：采用质构仪测得的面筋硬度与饺子皮质构指标 TPA 模式下的硬度（Hardness）、咀嚼性（Chewiness）在 0.05 水平上显著相关，与面筋指数、面团稳定时间、比延伸性、溶胀体积、透光率、硬度（Firmness）、强韧性(Toughness)均在 0.01 的水平上显著相关；面筋弹性仅与面筋指数和面筋比延伸性在 0.01 水平上显著相关，与溶胀体积、强韧性(Toughness)在 0.05 的水平上显著相关，上述结果表明采用质构仪测定面筋硬度作为小麦面筋强度的评价指标和饺子皮质构品质的预测指标具有一定的可行性。

关键词：小麦粉；质构仪；面筋硬度；面筋弹性

文章篇号：1673-9078(2013)4-903-906

Determination of Wheat Gluten Hardness and Springiness with Texture Analyzer

ZHANG Hao, LI Xue-qin
(College of Food Science and Technology, Henan University of Technology, Zhengzhou 450001, China)

Abstract: This paper sampled 30 wheat varieties from 9 provinces, and the hardness and springiness of wet wheat gluten were investigated with texture analyzer. The results showed that there was a highly significant positive correlation between gluten hardness and chewiness, with hardness of TPA on 0.05 level. Also, gluten hardness showed highly significant correlations with gluten index, rough stable time, relative extensibility, swelling test value and ratio of penetrable light on 0.01 levels. High significant positive correlation between gluten springiness and gluten index, relative extensibility were also found on 0.01 levels. In addition, gluten springiness also showed clear correlations with swelling test value and toughness on 0.05 level. Therefore, the gluten hardness can be used to determine the strength of gluten and predicting the texture quality of dumpling wrapper.

Key words: flour; texture analyzer; gluten hardness; gluten springiness

面筋质量不仅与小麦粉中湿面筋的含量有关，更与面筋的强度有关。反映面筋强度的指标主要有 SDS-沉降值、面筋指数、粉质参数中的稳定时间[1]、面筋在乳酸溶液中的溶胀值和透光率[2]、比延伸性等，而直接对面筋进行测定的方法较少。SDS-沉降值与面团稳定时间均是以小麦粉为试验材料进行测定，SDS-沉降值是指面粉中面筋与 SDS 结合后在酸的作用下形成沉积物的体积[3]；面团稳定时间反映了面团的耐揉性，即对剪切降解的抵抗力[4]，SDS-沉降值与面团稳定时间这两种方法的测定结果可能受到面粉中其他物质的影响。而面筋指数测定结果误差较大[5]，易受面筋粘度的影响[1]。李兴林[1]利用面筋的溶胀值和透光率来表征面筋强度，但操作时间较长。面筋质比延伸性的测定属于一种比较传统的方法，在操作上有一定的误差。因此本文以我国 9 个省份的 30 个小麦品种作为样品，采用质构仪对小麦面筋质的硬度和弹性进行测定，然后与其他反映面筋强度的指标进行比较，并以饺子皮为例对饺子皮质构品质进行了测定，探讨利用质构仪测定面筋硬度与弹性来表征面筋强度以及在对面制品品质进行预测方面的可行性。

收稿日期：2012-12-06

基金项目：河南省重点科技攻关资助项目(112102110016)

作者简介：张浩（1988-），男，硕士研究生，研究方向：食品资源开发与应用

1 材料与方法

1.1 材料

选取我国 9 个不同省份的小麦样品 30 份，其中河南省 5 份、新疆 5 份，陕西省 4 份，安徽省 3 份，湖北省 3 份，江苏省 3 份，山东省 3 份，内蒙 2 份，宁夏 2 份。

1.2 仪器与方法

1.2.1 小麦粉的制备

小麦粉样品的制备按照 GB/T20571-2006 进行。

1.2.2 面筋质的制备

按照 GB/T5506.2-2008 仪器法测定湿面筋的方法洗出面筋质，所用仪器为上海嘉定粮油仪器有限公司的 JJJM54S 面筋洗涤仪。

1.2.3 面筋硬度与弹性的测定

将洗出的面筋质放入面筋指数测定仪中进行离心，转速设定为 3000 r/min，时间为 1 min，所用仪器为上海嘉定粮油仪器有限公司的 JZSM 面筋指数测定仪。离心后用玻璃板对面筋质进行挤压，直至没有多余水分析出为止。在进行面筋硬度与弹性的测定时所用质构仪为 Stable Micro System(UK)公司生产的 TA.XT.plus 型质构仪。将处理好的面筋质放入 A/DSC-粘着力测定装置的模具中进行挤压，挤出的面筋厚度为 2 mm，在测定时以此模具为平台，探头选择直径为 25 mm 的 P25 铝制圆柱型 TA 探头。参数设定如下：

Test Mode: Compression，Pre-Test Speed：1.00 mm/sec；测试模式：压缩，测前速度：1.00 mm/sec

Target Mode: Strain，Test Speed: 2.00 mm/sec；目标模式：应变位移，测试速度：2.00 mm/sec；Strain：50.00%，Post-Test Speed: 2.00 mm/sec；应变位移：50.00%；测后速度：2.00 mm/sec；Trigger Type：Auto (Fore) Trigger Fore:5.0 g；引发模式：自动（力）引发力：5.0 g。

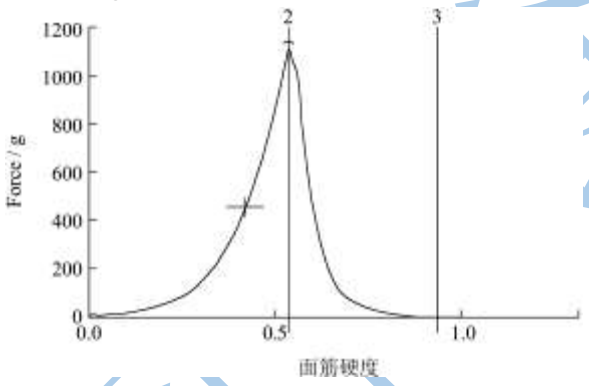


图 1 质构仪测定面筋质硬度和弹性的特征曲线

Fig.1 Typical curve of gluten hardness and springiness determined with texture analyzer

图 1 为质构仪测定面筋质硬度和弹性的特征曲线，在图中曲线的峰值代表面筋质的硬度，单位为 g；曲线被直线 2 分为左右两个部分，右边图形的面积与左边图形面积的比值表示面筋质的弹性。

1.2.4 小麦粉湿面筋含量和面筋指数的测定

小麦粉中湿面筋含量的测定按照 GB/T5506-2008 进行，面筋指数的测定按照 LS/T6102-1995 进行。

1.2.5 小麦粉 SDS 沉降值的测定

小麦粉 SDS 沉降值的测定按照 GB/T15685-1995 进行。

1.2.6 小麦粉面团稳定时间的测定

稳定时间的测定采用德国布拉班德粉质仪，参照 GB/T14614-2006 进行。

1.2.7 面筋质比延伸性的测定

综合郦伟章[6]、方英杰[7]等人的方法测定洗出的面筋质的断裂时间及断裂距离。单位重量的湿面筋在一定力的作用下，其比值（比延伸性）与面筋的强度成一定的比例关系。

1.2.8 面筋质溶胀体积、透光率的测定

采用李兴林[1]的方法利用面筋在 0.02 mol/L 的乳酸中的溶胀值和透光率作为指标反映面筋的强度。

1.2.9 饺子皮的制作及其质构品质测定

按照李雪琴[8]等人的方法制作饺子皮并对其质构品质进行测定，质构品质反映了饺子皮与力学特性有关的食品质地特性[9]。分别进行煮后饺子皮的 TPA、煮后饺子皮硬度（Firmness）以及生饺子皮强韧性（Toughness）的测定。TPA 实验又被称为两次咀嚼测试，主要是通过模拟人口腔的咀嚼运动，对样品进行两次压缩[10]。硬度（Firmness）表示是物体变形所需要的力。强韧性（Toughness）表示对咀嚼引起的破坏有较强的和持续的抵抗性质。

1.2.10 数据统计

数据的整理与分析采用 SPSS 17.0 进行。

2 结果与分析

2.1 测试指标分析

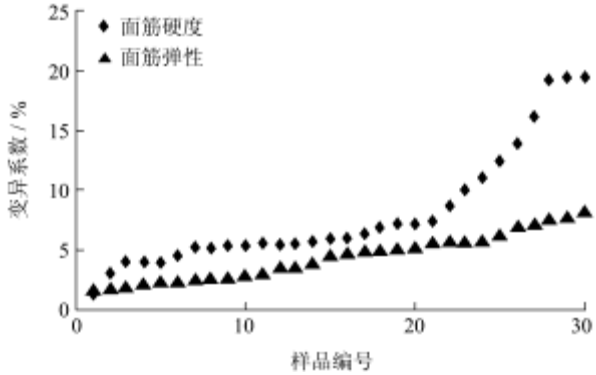


图 2 不同样品面筋硬度及面筋弹性变异系数分布

Fig.2 The distribution of variation coefficients of gluten hardness and springiness

在对样品进行测定时，每个面粉样品洗出 3 份面筋，每份面筋进行 3 次平行测定，即每个品种的样品进行 3×3 次的测定，从而得出面筋硬度和弹性的变异系数。由图 2 可知，面筋硬度的变异系数分布范围较大为 1.40~19.53%，但主要集中在 5.00%附近。相对于面筋硬度，面筋弹性的变异系数分布范围更窄为 1.60~8.15%，稳定性和测定精度更高。

从表 2 中可以看出，面筋硬度与反映面筋强度的面筋指数、面团稳定时间、比延伸性、溶胀体积、透光率均在 0.01 的水平上显著相关；而面筋弹性仅与面筋指数和面筋比延伸性在 0.01 水平上显著相关，与溶胀体积在 0.05 的水平上显著相关。面筋硬度、弹性与小麦粉的湿面筋含量不相关。由此可见，相对于面筋弹性，面筋硬度可以作为反映面筋强度的一项检测指标。

表 1 30 个小麦样品品质指标测定结果

Table 1 The quality parameters of 30 wheat varieties

序号	品种	湿面筋含量/%	面筋指数/%	沉降值/mL	稳定时间/min	比延伸性/(cm/min)	溶胀体积/mL	透光率/%	面筋硬度/g	面筋弹性%
1	混麦	27.40	80.70	27.10	9.30	0.16	12.50	91.00	1479.28	57.97
2	周麦 16	35.80	58.40	23.50	2.90	2.80	5.00	47.20	951.25	53.87
3	8802	30.90	67.60	23.00	5.70	0.20	7.50	71.50	1113.48	60.37
4	众麦 1 号	30.00	96.00	63.00	14.40	0.30	15.00	91.80	1299.61	55.55
5	衡观 35	25.20	14.00	45.00	1.40	0.64	5.00	38.00	807.96	53.21
6	西农 979	28.80	88.00	66.00	18.40	0.22	9.00	98.50	1378.02	59.25
7	矮抗 58	31.60	77.00	60.00	7.30	1.06	11.00	87.60	1265.06	54.04
8	周麦 18	28.00	58.00	49.00	2.20	4.30	8.00	45.80	974.49	50.64
9	郑麦 9023	32.60	99.20	60.00	19.30	0.20	14.50	90.40	1462.72	56.72
10	川麦 49	31.10	98.90	46.00	5.30	1.21	9.50	48.60	1122.04	54.92
11	周麦 24	31.30	98.90	57.00	15.60	0.30	11.50	73.40	1425.94	53.95
12	扬麦 14	35.70	81.70	76.00	7.50	0.55	10.00	50.20	1268.92	58.33
13	扬麦 13	31.30	80.40	40.00	2.80	0.28	9.00	41.00	1050.30	53.48
14	淮麦 20	28.30	74.90	52.00	12.80	0.16	11.50	84.50	1249.59	59.57
15	套麦	34.30	85.20	62.00	4.10	0.29	13.00	49.40	1082.00	57.68
16	繁 8	34.20	80.10	62.00	3.70	2.60	6.00	31.30	1030.50	52.48
17	宁冬 12	32.40	65.60	38.00	2.00	1.21	5.00	38.70	913.84	56.63
18	永良 4 号	35.00	90.70	58.00	5.80	0.75	10.50	71.50	1334.55	60.00
19	济麦 22	34.10	91.50	65.00	7.00	0.78	7.50	60.30	1290.97	49.49
20	烟农 19	29.70	99.30	65.00	4.60	0.44	9.00	50.70	1127.04	67.17
21	烟农 14 号	28.60	100.00	59.00	7.00	0.26	13.50	82.80	1266.11	57.80
22	武农 148	34.40	54.90	35.00	1.70	0.83	6.00	31.60	884.29	53.56
23	西农 9871	27.50	98.00	58.20	6.00	0.91	15.00	67.00	1425.07	57.44
24	小偃 22	38.50	48.20	34.20	1.10	1.60	5.00	35.20	822.02	51.76
25	晋麦 54	29.00	91.00	57.80	6.10	0.93	11.00	65.60	1140.47	53.50
26	新冬 17	27.90	97.00	62.30	11.70	0.33	8.50	79.40	1122.04	54.92
27	邯郸 5316	34.60	22.00	27.80	1.40	5.00	4.00	27.40	853.03	44.76
28	伊农 12	26.00	74.00	38.80	2.10	1.26	8.00	31.60	962.38	63.47
29	新冬 18	28.50	98.00	51.50	8.10	0.28	16.50	87.50	1342.56	57.44
30	新冬 22	25.30	71.00	61.70	11.60	0.15	14.00	80.00	1503.67	56.14

表 2 面筋硬度与弹性和其他品质指标的相关性分析

Table 2 The correlation coefficients of gluten hardness with springiness and other indexes

指标	湿面筋含量	面筋指数	稳定时间	沉降值	比延伸性	溶胀体积	透光率
面筋硬度	-0.32	0.71**	0.79**	0.52**	-0.58**	0.82**	0.84**
面筋弹性	-0.33	0.49**	0.22	0.13	-0.60**	0.37*	0.32

注：**.在 0.01 水平（双侧）上显著相关，*.在 0.05 水平（双侧）上显著相关。

2.2 小麦面筋强度评价方法的比较

面筋弹性与其他几项指标的相关性不高，因此作

者选取面筋硬度指标来评价 30 个小麦样品的面筋强度。从表 2 中可以看出，面筋硬度与透光率、溶胀体积、稳定时间的相关性都比较高，但由于目前没有比较权威的利用透光率和溶胀体积对面筋强度进行评价的标准，因此作者采用小麦粉粉质指标中的面团稳定时间作为参考标准对小麦面筋的强度进行评价。通过对面筋硬度与面团稳定时间进行回归分析，结果显示面筋硬度与以面团稳定时间为自变量的三次方程拟合度最高为 0.836，得出回归方程为：

$$Y=0.355X^3-13.419X^2+168.945X+628.517 \quad (1)$$

注：X-面团稳定时间，Y-面筋硬度。

GB/T 17892-1999 中规定一等强筋粉的面团稳定时间不小于 10 min，二等强筋粉的面团稳定时间不小于 7 min，GB/T 17893-1999 中则规定弱筋小麦粉的面团稳定时间不大于 2.5 min。因此，将面团稳定时间的两个分界点 2.5 min 和 7.0 min 代入方程（1），得到面筋硬度的两个分界点分别为 972.56 g 和 1275.37 g，由此我们将面筋硬度的分界点近似定义为 970.00 g 和 1280.00 g。即弱筋型小麦的面筋硬度应不大于 970.00 g，强筋型小麦粉的面筋硬度应不小于 1280.00 g。

从表 3 中可以看出，以面团稳定时间和面筋硬度两个指标对面筋类型进行划分时，参试样品在弱筋型的分布基本一致，中筋型和强筋型呈现出一定的差异，以面筋硬度为依据划分时，部分以面团稳定时间为依据划分的强筋小麦样品被降为中筋型。

表 3 小麦面筋类型划分方法比较

Table 3 The classification of wheat gluten in different parameters

指标	弱筋型	中筋型	强筋型
面团稳定时间	5, 8, 17, 22, 24, 27, 28	2, 3, 10, 13, 15, 1618, 20, 23, 25	1, 4, 6, 7, 9, 11, 12, 14, 19, 21, 26, 29, 30
面筋硬度	2, 5, 17, 22, 24, 27, 28	3, 7, 8, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 20, 21, 25, 26	1, 4, 6, 9, 11, 18, 19, 23, 29, 30
一致样品	5, 17, 22, 24, 27, 28	3,10,13,15,16,20,25	1, 4, 6, 9, 11, 19, 29, 30

注：表中数字为样品序号。

2.3 面筋硬度、面筋弹性与饺子皮质构品质相关性分析

表 4 不同小麦面筋指标与饺子皮质构品质相关性分析

Table 4 The correlation coefficients between texture quality of dumpling wrapper and other parameters

指标	TPA 模式					硬度	强韧性
	硬度	弹性	粘聚性	咀嚼行	回复性		
面筋硬度	0.40*	-0.01	-0.06	0.39*	0.31	0.57**	0.59**
面筋弹性	0.01	0.2	0.1	0.12	0.06	0.41*	0.28
稳定时间	0.33	-0.12	-0.04	0.31	0.26	0.32	0.43*

注：**.在 0.01 水平（双侧）上显著相关，*.在 0.05 水平（双侧）上显著相关。

由表 4 可知：面筋硬度与饺子皮质构指标 TPA 模式下的硬度（Hardness）、咀嚼性（Chewiness）在 0.05 水平上显著相关，与硬度（Firmness）、强韧性(Toughness)在 0.01 水平上显著相关。面筋弹性仅与饺子皮质构指标中的硬度（Firmness）在 0.05 水平上显著相关，面团稳定时间仅与饺子皮质构指标中的强韧性(Toughness)在 0.05 水平上显著相关。面筋硬度可以用于饺子皮质构品质的预测，对于其他面制品质构品质的预测还需要进一步研究。

3 结论

对于面筋强度的测定，目前没有明确的行业标准，主要通过沉降值、面筋指数、面团稳定时间等指标来进行评价。本实验利用质构仪直接对洗出的面筋质进行硬度和弹性的测定，提出了一种新的面筋强度评价方法，通过与其他指标间的相关性分析表明，面筋硬度不仅与反映面筋强度的面筋指数、面团稳定时间、比延伸性、溶胀体积、透光率在 0.01 的水平上显著相关，而且还与饺子皮质构指标 TPA 模式下的硬度（Hardness）、咀嚼性（Chewiness）在 0.05 水平上显著相关，与硬度（Firmness）、强韧性(Toughness)在 0.01 水平上显著相关。因此面筋硬度作为面筋强度的评价和饺子皮质构品质的预测指标具有一定的可行性。相对于其他测定方法，利用质构仪测定面筋硬度更加方便快捷，耗时少，而且质构仪的灵敏度高，在面筋强度相似时区分度更大。由于作者选用的样品数量有限，以面筋硬度作为指标对面筋类型进行划分时分界点的确定以及对于其他面制品质构品质的预测还有待于更深入的研究。

参考文献

[1] 李兴林.溶胀值和透光率在面筋强度测定中的应用[J].粮食与饲料工业,2006,6:11-12

[2] 程国旺,王浩波.一种评价面包小麦面筋强度快速简便的新方法[J].食品科技,2002,10:58-59

[3] 吴禹,王恩杰.小麦 SDS-沉降值与品质性状参数间相关性的研究[J].辽宁农业科学,2005,2:9-11

[4] 刘艳玲,田纪春.小麦面筋强度研究进展[J].山东农业科学,

2005,1:74-76

[5] 耿丽娜,潘多玉.面筋指数对面制品的影响及对生产的指导作用[J].面粉通讯,2005,6:45-48

[6] 郦伟章.面粉面筋的延伸性、比延伸性测定方法[J].食品科学,1983,10:12

[7] 方英杰,张春禄,等.浅谈面筋质特性、弹性及延伸性的综合测定[J].粮食加工,2005,3:63-64

[8] 李雪琴,葛静静,等.饺子皮感官品质和质构品质关系的研究[J].河南工业大学学报,2012,33(04):1-4

[9] 张岩,吴继军,等.香蕉片的真空油炸工艺及质构品质初探.[J]现代食品科技,2010,26(9):987-990

[10] 蒋丽婷,李理.白腐乳质构与其成分相关性研究[J].现代食品科技,2010,26(9):797-800

现代食品科技