

穗发芽小麦面团流变学特性动态研究初探

丁琦^{1,2}, 张延滨^{1,2}, 李集临¹, 张欣欣^{1,2}, 赵海滨², 宋庆杰², 张春利²

(1. 哈尔滨师范大学 生命科学与技术学院, 黑龙江 哈尔滨 150025; 2. 黑龙江省农业科学院 作物育种研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:为研究穗发芽对小麦面团流变学特性的动态影响, 对大田生产条件下的轻度穗发芽和正常的小麦品种龙麦 26 进行了面团不同醒发时间的拉伸仪(45、90、135 min)和吹泡示功仪(28、45、90、135 min)等全面的品质分析。结果表明: 当小麦穗发芽程度较轻时, 无法通过面粉蛋白、干面筋、湿面筋含量、面筋指数、沉降值、粉质参数和吹泡参数这些品质指标的数值大小来判断被测样品是否为穗发芽小麦或穗发芽的程度。拉伸数据表明穗发芽龙麦 26 面团最大拉伸阻力在 90 min 时最高, 变化趋势为先增加后减少, 各阶段的最大阻力均明显低于一般年份龙麦 26 应有的数值。而正常龙麦 26 面团最大拉伸阻力在 135 min 时最高, 变化趋势为随着时间的增加逐渐变高, 且各阶段的阻力明显高于穗发芽龙麦 26。因此在没有测试降落值条件的情况下, 可以通过拉伸参数及动态趋势来推测样品可能为穗发芽小麦及穗发芽程度。吹泡数据与拉伸数据的意义有很大差别。穗发芽和正常龙麦 26 面团的 P 值和 W 值变化趋势都是随着时间的增加逐渐变低。28 min 时穗发芽龙麦 26 的吹泡数据好于正常龙麦 26, 但 90 和 135 min 则相反, 原因是穗发芽龙麦 26 面团的下降程度较大。由此说明不同仪器间的品质指标均有着各自的特殊性, 不能相互替代。

关键词:小麦; 品质; 面团流变学特性; 动态分析; 穗发芽

中图分类号: S512.033

文献标识码: A

文章编号: 1002-2767(2012)05-0001-05

小麦穗发芽 (Pre-harvest sprouting, 简称 PHS) 是指小麦在成熟至收获过程中, 遇连阴雨天气或环境潮湿, 导致籽粒在穗上发芽^[1-2]。小麦穗发芽是国内外普遍发生的一种自然灾害, 不但降低产量, 而且影响品质及储存和种用价值, 造成严重的经济损失^[1-6]。影响小麦穗发芽的因素较复杂, 主要包括穗部和籽粒性状、温度、水分、营养、休眠、激素及 α -淀粉酶等, 其中 α -淀粉酶起重要的作用^[7-11], α -淀粉酶的动态变化与穗发芽率的变化呈显著或极显著正相关^[12-14]。降落值 (Falling number, FN) 是目前被广泛用来测定 α -淀粉酶活性的指标, 降落数值高表明 α -淀粉酶的活性低, 反之 α -淀粉酶活性高, 随着发芽小麦含量的增加和发芽程度的加深, 降落值呈下降趋势^[13-16]。小麦穗发芽或籽粒内部萌动, 都会导致面团加工品质变劣^[3,5-6,17-19]。

在分析龙麦 26 小麦样品时, 测得面粉蛋白为

17.2%、干面筋 13.5%、湿面筋 37.9%、面筋指数为 86、沉降值为 52 mL、形成时间 8.5 min, 稳定时间 9.7 min, 达到优质强筋小麦水平^[20], 但在制作面包的醒发过程中, 发现面团塌陷, 初步确定为该样品为穗发芽小麦, 后经降落值测定所证实。这一现象说明穗发芽小麦的品质在小麦加水 and 后面, 是一个逐渐变劣的动态过程。该试验利用拉伸仪和吹泡示功仪对穗发芽小麦在食品加工过程中流变学特性的动态变化进行分析, 为小麦粉品质评价和芽麦综合利用提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

穗发芽龙麦 26 小麦来自沈阳军区副食品生产基地 (黑龙江省克山县); 没有穗发芽龙麦 26 小麦来自黑龙江省农垦总局九三农管局嫩江农场 (黑龙江省嫩江县)。

1.2 方法

制粉用德国 Brabender 公司的 Senior 试验磨粉机, 按 AACC 26-20 标准制粉; 面粉蛋白含量用瑞典 Perten 公司的 DA7200 型连续光谱固定光栅分析仪 (DA7200 Diode Array Analyzer) 测定; 干、湿面筋含量及面筋指数用瑞典 Perten 公司 Glutomatic 2200 面筋自动分析仪 (Gultomatic

收稿日期: 2012-03-21

基金项目: 黑龙江省科学技术计划资助项目 (GA09B101-4-10)

第一作者简介: 丁琦 (1984-), 女, 黑龙江省泰来县人, 在读硕士, 从事小麦品质及遗传研究。

通讯作者: 张延滨 (1957-), 男, 江苏省仪征市人, 硕士, 研究员, 从事小麦品质遗传及育种研究。E-mail: yanbin_zhang@163.com。

System)按 GB/T 14608-93 标准测定;Zeleny 沉降值用德国 Brabender 公司摇混器按照 AACC 56-61A 标准测定;降落值用瑞士 Falling Number 公司的 FN-1600 型降落数值仪按 GB/T 10361-2008 标准测定;粉质参数用 Brabender 公司的粉质仪(Farinograph),按 AACC 54-21 标准测定;拉伸参数用 Brabender 公司的拉伸仪(Extensograph),按 AACC 54-10 标准测定;吹泡参数用 CHOPIN 公司的吹泡示功仪(Alveograph)按 ISO 5530-4 标准测定。

2 结果与分析

2.1 面粉蛋白、面筋含量、沉降值和降落值分析

由表 1 可见,穗发芽小麦的面粉蛋白,干、湿

表 1 穗发芽龙麦 26 和正常龙麦 26 小麦的面粉蛋白、面筋含量、沉降值和降落值比较

Table 1 Comparison of flour protein content, gluten content, zeleny sedimentation value and falling number between pre-harvest sprouting and normal Longmai 26

处理 Treatment	面粉蛋白/% Flour protein content	干面筋/% Dry gluten content	湿面筋/% Wet gluten conten	面筋指数/% Gluten index	沉降值/mL Zeleny sedimentation	降落值/s Falling number
穗发芽龙麦 26 Pre-harvest sprouting Longmai 26	17.2	13.5	37.9	86	52	224
正常龙麦 26 Normal Longmai 26	13.9	12.1	34.1	92	45	448

2.2 粉质参数分析

国家标准 GB/T 17892-1999 中,将优质强筋小麦的粉质稳定时间规定为一等 ≥ 10 min,二等 ≥ 7 min,由表 2 可见,穗发芽龙麦 26 虽然形

面筋含量,沉降值均高于正常龙麦 26,虽然面筋指数低于正常龙麦 26,但这些品质指标都达到优质强筋麦水平,因此无法通过这些品质指标的数值大小来判断其是否为穗发芽小麦或穗发芽的程度。

降落值是反映谷物特别是小麦 α -淀粉酶活性的参数,根据降落值可以正确判断小麦发芽程度。龙麦 26 是优质强筋小麦,GB/T 17892-1999 中规定,优质强筋小麦降落数值 ≥ 300 s,该研究穗发芽龙麦 26 小麦降落值为 224 s 低于 300 s,显然受到穗发芽的影响。正常的龙麦 26 小麦降落值为 448 s 高于 300 s。

成时间、稳定时间、断裂时间均低于对照的正常龙麦 26,但稳定时间也与一等优质强筋小麦标准仅差 0.3 min。说明在该试验中靠粉质参数也无法判断其是否为穗发芽小麦或穗发芽的程度。

表 2 穗发芽龙麦 26 和正常龙麦 26 小麦粉质仪的分析

Table 2 Farinograph analysis on pre-harvest sprouting and normal Longmai 26

处理 Treatment	吸水率/% Water absorption	形成时间/min Development time	稳定时间/min Stability time	断裂时间/min Breakdown time	软化度/FU Degree of softening
穗发芽龙麦 26 Pre-harvest sprouting Longmai 26	69.3	8.5	9.7	12.1	92
正常龙麦 26 Normal Longmai 26	62.1	16.3	28.5	35.3	13

2.3 拉伸仪参数及动态变化分析

龙麦 26 是优质强筋小麦,正常情况下,最大拉伸阻力在 500 EU 左右,该试验穗发芽小麦最大拉伸阻力为 306 EU,认为是受穗发芽的影响。与该研究中粉质仪等品质指标难以反映穗发芽后小麦的品质变化不同,拉伸仪可以显示小麦穗发芽后烘烤品质的下降,这可能与拉伸仪分析时间

较长以及与面包制作时间相似有关。在拉伸仪的不同标准中(ISO 5530-2、GB/T 14615-2006、AACC 54-10、ICC 114/1),样品均需在 45、90 和 135 min 拉伸 3 次,但在一般性的测试和研究中只给出 135 min 拉伸结果,135 min 的时间与 GB/T 14611-2008“小麦粉面包烘焙品质试验直接发酵法”^[21],从和面开始到入炉烘烤前所用时间相

一致。因此可以较好地反映出穗发芽小麦在面包制作过程中面团塌陷的主要原因是抗延阻力太低。

表 3 穗发芽龙麦 26 和正常龙麦 26 小麦拉伸仪参数分析

Table 3 Extensogram parameters analysis on pre-harvest sprouting and normal Longmai 26						
拉伸仪参数 Extensogram parameters	45 min		90 min		135 min	
	穗发芽龙麦 26	正常龙麦 26	穗发芽龙麦 26	正常龙麦 26	穗发芽龙麦 26	正常龙麦 26
	Pre-harvest sprouting	Normal	Pre-harvest sprouting	Normal	Pre-harvest sprouting	Normal
	Longmai 26	Longmai 26	Longmai 26	Longmai 26	Longmai 26	Longmai 26
最大阻力/EU Maximum resistance	258	347	306	443	254	518
延伸性/cm Extensibility	202	220	213	207	204	219
拉伸面积/cm ² Area	72	101	91	121	72	145

穗发芽引起品质下降是一酶促反应,这一进程与反应时间有关,为了解面团在不同醒发时间内拉伸参数的动态变化趋势,对 3 次拉伸结果都进行了分析,测试结果见表 3。发芽小麦 90 min 最大拉伸阻力值最高,为 306 EU,高于 45 和 135 min,动态变化趋势为先增加后减少,拉伸面积和延伸度动态变化趋势与其相似。正常龙麦 26 小麦最大拉伸阻力和拉伸面积在 45、90、135 min 时呈上升趋势,并且明显高于穗发芽小麦。由此可见穗发芽小麦与正常小麦相比,不仅拉伸参数有较大差别,而且拉伸参数动态变化趋势也不同。

2.4 吹泡仪参数的动态变化

有研究认为强筋类小麦的 W 值大于(250~300)×10⁻⁴ J^[22-24]。该研究按 ISO 5530-4 标准,穗

发芽龙麦 26 小麦吹泡测试结果:P 值为 96 mm、L 值为 136 mm、W 值为 343×10⁻⁴ J,W 值超过文献[22-24]研究中强筋类小麦的 W 值,吹泡仪的各项指标几乎都高于常规龙麦 26,表明在该试验中利用这一标准测试面团流变学特性时,并不能判断其是否为穗发芽小麦或穗发芽的程度,与拉伸测试结果不一致。为了解面团在不同醒发时间内吹泡参数的动态变化趋势及更好地和拉伸数据进行比较,该研究在此基础上,借鉴拉伸仪的方法对醒发 45、90、135 min 面样进行吹泡测试,探究在不同醒发时间内,吹泡仪参数的动态变化趋势。由表 4 可知,与 28 min 测试结果相比,随着时间的延长穗发芽和正常龙麦 26 的 P、L、W 值均有较大程度的下降,但正常龙麦 26 下降程度较小,因此在 90 min 时其 P 值和 W 值均已经高于穗发芽小麦。

表 4 穗发芽龙麦 26 和正常龙麦 26 小麦吹泡仪参数分析

Table 4 Alveograph parameters analysis on pre-harvest sprouting and normal Longmai 26								
吹泡仪参数 Alveograph parameters	28 min		45 min		90 min		135 min	
	穗发芽龙麦 26	正常龙麦 26	穗发芽龙麦 26	正常龙麦 26	穗发芽龙麦 26	正常龙麦 26	穗发芽龙麦 26	正常龙麦 26
	Pre-harvest sprouting	Normal	Pre-harvest sprouting	Normal	Pre-harvest sprouting	Normal	Pre-harvest sprouting	Normal
	Longmai 26	Longmai 26	Longmai 26	Longmai 26	Longmai 26	Longmai 26	Longmai 26	Longmai 26
P 值/mm P-value	96	87	82	76	72	76	69	72
L 值/mm L-value	136	124	136	136	114	89	99	94
W 值/10 ⁻⁴ J W-value	343	337	287	318	210	229	175	221

3 结论与讨论

有研究表明小麦穗发芽引起籽粒内部发生一系列的生化反应,特别是一些碳水化合物降解酶、蛋白水解酶等酶活性升高,降解胚和胚乳中的贮藏物质,降低小麦的产量和品质^[16]。有关穗发芽

的研究中,通常是利用各种方法,在相同的条件下通过对比穗发芽小麦和没有穗发芽小麦之间的品质等差异发现穗发芽对小麦品质等方面的影响^[17-19],但在生产条件下无法获得试验条件下的对比材料。该研究中也无法通过蛋白,干、湿面筋含量,沉降值,粉质参数和吹泡参数这些品质指标

的数值大小来判断被测样品是否为穗发芽小麦或穗发芽的程度。尤其是在麦粒表观未发芽,但胚已萌动,降落值已降低,但蛋白和粉质等参数仍然较高的情况下,用非特异性的检测方法更难以判断。

降落值是测定小麦穗发芽程度的标准方法,但在很多育种单位没有测试降落值的设备。该研究通过最大拉伸阻力明显低于该品种正常水平,以及在面包制作的醒发后期面团塌陷现象推测这一样品有可能是穗发芽小麦,后经送农业部谷物及制品质量监督检验测试中心(哈尔滨)检测降落值确定为穗发芽小麦。因此在没有测试降落值条件的情况下,拉伸参数和面包烘烤可以为确定被测样品是否为穗发芽小麦或穗发芽的程度提供有价值的参考数据。

穗发芽是一个酶促过程,理论上小麦粉加水 and 面后,随着时间的推移品质会逐渐变劣。因此该试验利用拉伸仪和吹泡示功仪对面团不同醒发时间的流变学特性进行动态分析,可以获取穗发芽对小麦品质影响的动态变化信息。穗发芽小麦在不同醒发时间内,最大拉伸阻力和拉伸面积的动态变化趋势均为先增加后减少,90 min 时二者数值最高,分别为 306 EU 和 91 cm^2 ,可以满足一般家庭用粉的品质要求,因此该穗发芽小麦粉在面条和饺子等面食的制作过程应控制在 90 min 左右最佳。该研究认为对于其它的小麦粉,也应该根据拉伸仪不同醒发时间的动态拉伸特性,指导面包、馒头和面条等面食的加工。

有研究认为吹泡仪 W 值与拉伸面积的相关系数、吹泡仪 P 值与拉伸仪最大阻力的相关系数较大,而且差异极显著,吹泡仪与拉伸仪方法的测定结果具有良好的一致性^[22,25-26]。而该研究中穗发芽龙麦 26 与正常龙麦 26 最大阻力和拉伸面积按 AACC 54-10 标准分别为 254 EU 和 72 cm^2 及 518 EU 和 145 cm^2 ,清楚地表明穗发芽龙麦 26 的拉伸数据属弱筋小麦类型,正常龙麦 26 属强筋小麦类型。但在吹泡仪上穗发芽龙麦 26 与正常龙麦 26 的 P 值和 W 值按 ISO 5530-4 标准分别为 96 mm 和 $343 \times 10^{-4} \text{ J}$ 及 87 mm 和 $337 \times 10^{-4} \text{ J}$,二者均属强筋小麦类型。也就是说,拉伸仪判定的弱筋小麦,在吹泡仪上可能会判定为强筋小麦,而且穗发芽龙麦 26 各项吹泡指标均高于正常龙麦 26,与拉伸数据有非常大的差别。

之所以会出现上述问题,其原因可能是按 ISO 5530-4 标准,从和面到吹泡测试只有 28 min,

与拉伸仪 135 min 相比时间太短,显示不出穗发芽导致的品质下降有一定的关系。通过对醒发 45、90、135 min 面样进行吹泡测试,结果表明,随着时间的延长,穗发芽龙麦 26 与正常龙麦 26 的 P、L、W 值均有较大程度的下降,但正常龙麦 26 的下降程度较小,在 90 min 时 P 和 W 值已经高于穗发芽龙麦 26。醒发到 135 min 时,穗发芽龙麦 26 与正常龙麦 26 的 P 值和 W 值分别为 69 mm 和 $175 \times 10^{-4} \text{ J}$, 72 mm 和 $221 \times 10^{-4} \text{ J}$,与弱筋小麦的 W 值相当。这一结果与 ISO 5530-4 标准的结果正好相反,虽然可以看出穗发芽对面团流变学的负向影响,但没能像拉伸数据那样显示出正常龙麦 26 的强筋特性。这一结果表明拉伸数据与吹泡数据之间是相对独立的。

小麦品质是由很多位点的基因控制的^[27],所以品质指标众多。不同的品质指标间既相互联系又相对独立,还易受环境条件影响,不同年度间或不同地点之间的品质变化相当复杂,因此小麦的品质评价需综合分析各项品质指标,才能避免只分析部分指标造成的误判。

参考文献:

- [1] Liu Shubing, Cai Shibin, Robert Graybosch, et al. Quantitative trait loci for resistance to pre-harvest sprouting in US hard white winter wheat Rio Blanco[J]. Theor Appl Genet, 2008, 117(5): 691-699.
- [2] 原亚萍, 陈孝, 肖世和. 小麦穗发芽的研究进展[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(3): 136-139.
- [3] Lukow O M, Bushuk W. Influence of germination on wheat quality I. Functional (bread-making) and biochemical properties[J]. Cereal Chem., 1984, 61(4): 336-339.
- [4] 杨燕, 张春利, 陈新民, 等. 红粒春小麦穗发芽抗性鉴定及相关分子标记的有效性验证[J]. 麦类作物学报, 2011, 31(1): 54-59.
- [5] 万慕麟, 郑金怀, 孟骥超, 等. 发芽小麦品质的研究[J]. 粮食储藏, 1991, 20(1): 35-43.
- [6] 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.
- [7] 何展天, 陈秀兰, 韩月澎. 白皮小麦抗穗发芽研究进展[J]. 麦类作物学报, 2000, 20(2): 84-87.
- [8] 秦代红. 小麦抗穗发芽生理[J]. 植物生理学通讯, 1990(6): 62-64.
- [9] 张海峰, Zemetra R S, Liu C T. 冬小麦穗发芽抗性及其鉴定方法的研究[J]. 作物学报, 1989, 15(2): 116-122.
- [10] 张海萍, 阎长生, 肖世和. 小麦迟熟 α -淀粉酶的研究进展[J]. 麦类作物学报, 2003, 23(1): 81-85.
- [11] 肖世和, 戴大庆, 蒋华仁. 抗收获前发芽小麦品种的初步研究[J]. 四川农业大学学报, 1986, 4(2): 219-224.
- [12] 张海峰, 卢荣禾. 小麦穗发芽抗性机理与遗传研究[J]. 作

- 物学报,1993,19(6):523-530.
- [13] 沈正兴,俞世蓉,吴兆苏. 小麦品种抗穗发芽性的研究[J]. 中国农业科学,1991,24(5):44-50.
- [14] 蒋国梁,陈兆夏,刘世家,等. 白皮小麦收获前穗发芽及品种抗性机制探讨[J]. 作物学报,1998,24(6):793-798.
- [15] 徐成彬,吴兆苏. 小麦收获前穗发芽的生理生化特性研究[J]. 中国农业科学,1988,21(3):14-20.
- [16] 苏东民,魏雪芹. 发芽对小麦及面粉品质的影响[J]. 粮油工业,2005(6):39-41.
- [17] 董召荣,徐风,马传喜. 不同发芽状况对小麦主要加工品质性状影响研究[J]. 中国粮油学报,1999,14(3):5-8.
- [18] Paulina Hwang, Bushuk W. Some changes in the endosperm proteins during sprouting of wheat [J]. Cereal Chem.,1973,50:147-160.
- [19] 路茜玉,金跃军. 芽麦蛋白质变化的研究[J]. 郑州粮食学院学报,1992(2):1-10.
- [20] GB/T 17892-1999, 优质小麦强筋小麦[S].
- [21] GB/T 14611-2008, 小麦粉面包烘焙品质试验直接发酵法[S].
- [22] 李宛. 应用吹泡示功仪评价小麦品质的研究[J]. 黑龙江农业科学,2009(6):117-118.
- [23] 林作楫. 食品加工与小麦品质改良[M]. 北京:中国农业出版社,1994.
- [24] 祁适雨. 吹泡示功仪(ALVEOGRAPH)简介[J]. 黑龙江农业科学,1998(6):47-48.
- [25] 张起昌,邵立刚,王岩,等. 利用吹泡稠度仪对春小麦种质主要品质性状的分析与评价[J]. 黑龙江农业科学,2006(5):74-77.
- [26] 蔚然. 面团流变学特性品质分析方法比较与研究[J]. 中国粮油学报,1998,13(3):10-12.
- [27] Payne P I. Genetics of wheat storage proteins and the effect of allelic variation on bread-making quality[J]. Ann Rev Plant Physiol,1987,38:141-153.

Preliminary Study on Dynamic Change of Dough Rheological Properties of Pre-harvest Sprouting Wheat

DING Qi^{1,2}, ZHANG Yan-bin^{1,2}, LI Ji-lin¹, ZHANG Xin-xin^{1,2}, ZHAO Hai-bin², SONG Qing-jie², ZHANG Chun-li²

(1. Life Science and Technology College of Harbin Normal University, Harbin, Heilongjiang 150025; 2. Crop Breeding Institute of Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin, Heilongjiang 150086)

Abstract: To study the effect of pre-harvest sprouting on dynamic changes of dough rheological properties, slight pre-harvest sprouting and normal wheat samples of Longmai 26 collected in production condition were employed to determine quality parameters including different proofing times Extensograph parameters(45, 90, 135 min) and different proofing times Alveograph parameters(28, 45, 90, 135 min). The results showed that, wheat pre-harvest sprout or not as well as degree of sprouting couldn't be determined by the value of quality parameters like flour protein content, dry and wet gluten, gluten index, sedimentation value, Farinogram parameters and Alveogram parameters, in case of slight sprout. Extensogram data showed the maximum resistance value of the pre-harvest sprouting grain of Longmai 26 was the highest at 90 min, and the dynamic trend was firstly going up and then going down. Compared to the normal Longmai 26, the maximum resistance values of sprouted wheat at each time points were obviously low. While the maximum resistance value of the no sprouting Longmai 26 gradually went high with the time and got the highest at 135 min, and the maximum resistance value of each stage was obviously higher than the pre-harvest sprouting Longmai 26. Therefore, when falling number determining facilities was not available, wheat pre-harvest sprouting and degree could be predicted by obviously decreased Extensogram parameters and their dynamic trends. Alveogram and Extensogram parameters meant difference significantly. P value and W value of Longmai 26 in Alveogram, no matter sprouting or not, were all gradually reduced with the time. At 28 min, the Alveogram data of the pre-harvest sprouting Longmai 26 was better than that of no sprouting, but at 90 and 135 min, the situation was just the reverse. The reason was that the dough quality of sprouted Longmai 26 decreased greatly with the increase of proofing times. The experimental data showed that each quality index from various equipments had special meanings and couldn't be replaced each other.

Key words: wheat; quality; dough rheological characters; dynamic analysis; pre-harvest sprouting

(该文作者还有辛文利、肖志敏, 单位同第五作者)