

曹颖妮, 赵光华, 余大杰, 等. 不同储藏条件对小麦流变学特性的影响 [J]. 食品工业科技, 2021, 42(7): 311–316. doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020050221

CAO Yingni, ZHAO Guanghua, YU Dajie, et al. Effects of Different Storage Conditions on Dough Rheological Properties of Wheat Varieties[J]. Science and Technology of Food Industry, 2021, 42(7): 311–316. (in Chinese with English abstract). doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2020050221

· 贮运保鲜 ·

不同储藏条件对小麦流变学特性的影响

曹颖妮¹, 赵光华¹, 余大杰¹, 裴金花¹, 胡京枝¹, 魏振亚¹, 胡卫国², 张军锋¹, 许琦³, 黄继勇³, 郝学飞^{1,*}

(1.河南省农业科学院农业质量标准与检测技术研究所/农业部农产品质量监督检验测试中心/河南省粮食质量与安全检测重点实验室, 河南郑州 450002;
2.河南省农业科学院小麦研究所, 河南郑州 450002;
3.河南省农产品质量安全检测中心, 河南郑州 450002)

摘要: 为了解小麦籽粒在不同储藏条件下的品质变化, 探索实验室小量样品的最适储藏条件, 本研究以强筋、中筋和弱筋小麦的籽粒和面粉为研究材料, 对其在不同梯度温度 (−20、4、35 ℃) 和不同储藏时间 (20、40、60 d) 条件下的品质指标进行分析。结果表明: 不同储藏条件对不同类型小麦的湿面筋含量、吸水性和弱化度的影响较小, 均在允差内。以籽粒方式储藏时, 强筋小麦在不同温度条件下各品质参数基本上都在允差范围内, 但随着储藏时间的延长 (60 d), 形成时间和拉伸面积超差。中筋小麦在不同温度条件下, 湿面筋含量和粉质参数基本上都在允差内, 但是对拉伸参数 (拉伸面积、拉伸阻力和最大拉伸阻力) 影响较大; 尤其是当储藏条件为−20 和 35 ℃ 的情况下, 除延伸性外, 拉伸面积、拉伸阻力和最大拉伸阻力均有不同程度的超差。弱筋小麦在不同温度条件下湿面筋含量和拉伸各参数均在允差内, 但对粉质参数 (稳定时间和弱化度) 影响较大, 尤其是稳定时间。值得注意的是, 弱筋小麦随着储藏时间的延长, 粉质各参数测定值越接近对照, 在允差范围内。另外, 不同类型的小麦在 4 ℃ 条件下以面粉方式储藏时, 强筋和中筋小麦的湿面筋含量、流变学粉质参数和拉伸参数均在允差值内。因此, 本研究认为 4 ℃, ≤60 d 比较适宜小麦籽粒和面粉的储藏。

关键词: 小麦, 储藏, 品质, 流变学特性

中图分类号: S512.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2021)07-0311-06

DOI: 10.13386/j.issn1002-0306.2020050221

Effects of Different Storage Conditions on Dough Rheological Properties of Wheat Varieties

CAO Yingni¹, ZHAO Guanghua¹, YU Dajie¹, PEI Jinhua¹, HU Jingzhi¹, WEI Zhenya¹, HU Weiguo²,
ZHANG Junfeng¹, XU Qi³, HUANG Jiyong³, HAO Xuefei^{1,*}

(1. Institute of Quality Standard and Testing Technology for Agro-products, Henan Academy and Agricultural Sciences/Quality Supervision Inspection and Testing Centre of Agro-products (Zhengzhou), Ministry of Agriculture/ Henan Key Laboratory of Grain Quality and Safety and Testing, Zhengzhou 450002, China;
2. Institute of Wheat, Henan Academy and Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, China;
3. Henan Agro-products Quality Safety and Testing Centre, Zhengzhou 450002, China)

Abstract: In order to understand the quality changes of wheat grains under different storage conditions and explore the optimal storage conditions for small amount of samples in the laboratory, the quality indexes of strong gluten, middle-strong gluten and weak gluten wheat grains and flour under different gradient temperatures (−20, 4, 35 ℃) and different storage times (20, 40, 60 d) were analyzed. The results showed that different storage conditions had little effect on wet gluten content, water absorption and weakening degree of different types of wheat, which were within the tolerance. When different types of gluten wheat stored in the kernal under different gradient temperatures, the quality parameters of strong

收稿日期: 2020-05-20

基金项目: 国家农产品质量安全风险评估重大专项; 河南省农业科学院自主创新专项基金 (2018ZC64, 2019ZC53, 2020ZC45)。

作者简介: 曹颖妮 (1981–), 女, 博士, 助理研究员, 主要从事小麦品质分析与评价方面的研究, E-mail: caoyingni0501@163.com。

* 通信作者: 郝学飞 (1979–), 男, 硕士, 副研究员, 主要从事小麦品质分析与评价方面的研究, E-mail: z65738297@163.com。

gluten wheat varied smaller and were within the tolerance, while the development time and extension area varied greatly with the extension of storage time (60 days). The changes of wet gluten content and dough rheological parameters from farinograph of the mid-strong gluten varied smaller and were within the tolerance, but the extensograph parameters (extension area, resistance and maximum resistance) changed greatly; especially stored at -20 and 35 $^{\circ}\text{C}$, except the extension, the extension area, tensile resistance and maximum tensile resistance were out of tolerance in different degrees except for the extension. The changes of wet gluten content, dough rheological parameters from extensograph of weak gluten wheat varied slightly and were within the tolerance, however, the changes of stability time and softness varied greatly, especially stability time. It's worth mentioning that with the extension of storage time, the measured values of farinograph parameters of weak gluten wheat were closer to the control and within the tolerance range. Besides, when different types of gluten wheat were stored in the form of flour at 4 $^{\circ}\text{C}$, the wet gluten content, dough rheological parameters of farinograph and extensograph of strong and mid-strong gluten varied smaller and were within the tolerance. Thus, the study indicated that 4 $^{\circ}\text{C}$ and shorten than 60 days were more suitable for the storage of wheat flour and grain.

Key words: wheat; storage; quality parameters; dough rheological properties

小麦是我国的主要粮食作物,产量约占我国粮食总产量的 22% 左右。新收获的小麦不能直接用于生产加工,需要经过 2~3 个月的后熟时间,其品质指标才能趋于稳定,但是还需要合理的储藏条件,才能延缓小麦劣变、陈化的过程。小麦样品送检时环境温度较高,室温不利于储藏,高温虽然可以减少小麦的后熟时间,但是长期高温也会加速小麦品质劣变^[1-3]。目前部分检测中心接收品质检测的样本量大且集中,单个样品涉及项目 6~12 个,检测过程复杂、繁琐,致使部分样品不能及时进入检测环节。因此,研究适合实验室少量样品短期储藏的方法,尽可能减少样品品质指标的变化显得尤为重要。

目前,大部分关于粮食储藏的研究偏重于模拟粮库实仓储藏条件,充氮气调和低温是现阶段公认能有效减缓小麦质变速度的储藏方式,大多围绕理化指标进行,如水分迁移、发芽率、脂肪酸、面筋吸水率等^[4-7]。刘丽杰等^[8]的研究结果表明 0 $^{\circ}\text{C}$ 条件下真空处理的小麦储藏品质最佳,可以很好地抑制氧化分解作用,防止小麦储藏过程中脂肪酸值、酸度的升高。另一小部分的研究主要针对储藏条件对小麦加工品质的影响,结论较为一致的是,新收获小麦在常温储藏过程中,醇溶蛋白含量减少,谷蛋白含量增加,面粉的吸水量和面团形成时间基本保持不变。随储藏时间的延长,稳定时间和拉伸阻力逐渐增加,延伸性减弱^[9-12]。赵乃新等^[13]将不同面筋强度小麦品种储藏 2 个月和 5 个月后发现,蛋白质、湿面筋含量和吸水量变化较小,强筋类品种随着储藏时间的延长,面团的拉伸阻力增大,延伸性缩短;然而,不同的是,中筋和弱筋类品种刚好与之相反。而王从磊等^[14]的研究表明蛋白质变化较小,湿面筋含量、形成时间和稳定时间增大,吸水量减小。以往的研究多在室温条件下进行,而室温是一个动态的变化过程,干扰因素太多,结果不一致。因此,本实验选取强、中和弱筋三种类型的小麦,以品种审定较关注的与面筋质量紧密相关的品质指标为主要研究对象,结合小麦收获后常规储藏温度和实验室易实现的储藏温度,研究储藏期小麦的品质随时间延长可能造成的变化,探索实

验室小量样品的短期储藏条件,为更加准确地对小麦品质进行评价奠定基础,服务育种。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

强筋小麦西农 20 籽粒水分 11.3 g/100 g, 蛋白质含量 16.4 g/100 g, 硬度指数 67; 中筋小麦周麦 28 籽粒水分 11.3 g/100 g, 蛋白质含量 14.9 g/100 g, 硬度指数 63; 弱筋小麦扬麦 15 籽粒水分 11.9 g/100 g, 蛋白质含量 11.3 g/100 g, 硬度指数 44。

K1100F 型全自动凯氏定氮仪 山东海能科学仪器有限公司; JYDB 100×40 小麦硬度指数仪 布勒粮食检验仪器无锡有限公司。

1.2 样品储藏条件

小麦籽粒: 不同类型(强筋、中筋和弱筋)小麦品种制粉。对照: 室温储藏 14 d 后进行面粉流变学特性测定(按照目前各检测中心实际操作进行)。处理: 一部分小麦分别在 -20 、 4 、 35 $^{\circ}\text{C}$ 恒温储藏 20、40、60 d 后制粉, 面粉放置 14 d 后进行面粉理化和流变学特性测定。

小麦面粉: 小麦(强筋、中筋和弱筋)制粉后, 面粉放置 4 $^{\circ}\text{C}$ 储藏, 分别放置 20、40、60 d 后进行面粉理化和流变学特性测定。

1.3 品质检测方法

文中检测方法均按照国家标准进行: 粗蛋白含量: GB/T 5511-2008; 小麦硬度: GB/T 21304-2007; 湿面筋含量 (14% 水分基): GB/T 5506.2-2008; 吸水量和流变学特性测定: 粉质仪法(GB/T 14614-2006); 流变学特性测定: 拉伸仪法(GB/T 14615-2006)。不同处理的数据允许误差范围根据国家标准判定。

1.4 数据处理

试验数据均采用 Microsoft excel 2013 处理。

2 结果与分析

2.1 不同类型小麦籽粒在不同储藏条件下品质指标的变化

强筋小麦在不同储藏时间和温度下小麦品质性状变化, 见表 1。从表 1 可以看出, 与对照相比, 强筋

表 1 强筋小麦在不同储藏条件下的品质性状
Table 1 Quality parameters of strong-gluten wheat in different storage conditions

储藏 温度	储藏时 间(d)	湿面筋含量(%)		粉质参数								拉伸参数							
		测定值	允差 ≤1%	吸水量 (mL/100 g)		形成时间 (min)		稳定时间 (min)		弱化度 (FU)		拉伸面积 (cm ²)		拉伸阻力 (EU)		延伸性 (mm)		最大拉伸阻力 (EU)	
				测定值	允差 ≤1%	测定值	允差 ≤25%	测定值	实测差	测定值	允差 ≤20	测定值	允差 ≤15%	测定值	允差 ≤15%	测定值	允差 ≤9%	测定值	允差 ≤15%
对照	14	30.2	—	63.5	—	9.2	—	17.8	—	33	—	134	—	366	—	170	—	602	—
	20	30.8	0.6	62.2	1.3*	9.0	2.2	14.0	23.9	48	15	119	11.9	386	5.3	159	8.6	606	0.7
	40	30.5	0.3	62.6	0.9	10.7	15.1	18.5	3.9	32	1	118	12.7	340	7.4	168	1.2	565	6.4
	60	30.4	0.2	62.6	0.4	10.0	8.3	16.0	10.7	46	13	127	5.4	362	1.1	171	0.6	586	2.7
-20 ℃	20	31.0	0.8	62.7	0.8	10.8	16.0	16.2	9.5	44	11	117	13.6	342	6.8	174	2.4	538	11.3
	40	30.7	0.5	63.0	0.5	10.5	13.2	16.7	6.4	43	10	117	13.6	340	7.4	169	0.6	550	9.0
	60	30.2	0.0	63.0	0.8	13.2	35.8*	18.0	1.1	50	17	121	10.2	394	7.4	160	6.1	616	2.3
4 ℃	20	30.6	0.4	62.8	0.7	11.2	19.7	17.1	4.0	42	9	109	20.6*	366	0.0	156	8.3	573	4.9
	40	30.9	0.7	63.1	0.9	9.9	7.3	17.4	2.3	35	2	124	7.8	364	0.6	172	1.2	590	2.0
35 ℃	60	30.4	0.2	63	0.8	12.2	28.0*	18.8	5.5	44	11	129	3.8	420	13.8	159	8.6	642	6.5

注: *表示与对照(制粉后后熟14 d)相比较,超出国家标准所要求的误差值。表2~表4同。

小麦的吸水量、形成时间和拉伸面积三个品质性状出现了个别样品超差现象,其中小麦籽粒储藏在-20 ℃储藏 20 d 时吸水量略微超差;随着储藏时间的延长,4 和 35 ℃ 贮藏 60 d 时形成时间均超差,粉质图谱出现双峰现象(图 1~图 2);在 35 ℃ 储藏 20 d 时拉伸面积超差。还可以看出,储藏时间和温度对强筋小麦品质的影响较小,但是需要尽量避免高温和储藏时间过长。因此,低温和短期储藏是实验室小量样品储藏

的合理方式,可保证测定值的准确性。

由表 2 可以看出,不同温度和时间对中筋小麦的湿面筋含量、吸水量、形成时间、稳定时间、弱化度和延伸度影响较小。除 35 ℃ 储藏 60 d 时湿面筋含量和吸水量处于临界值外,其余均未超过标准要求的误差值范围,但是对拉伸各参数均有不同程度的影响。其中-20 ℃ 条件下,储藏至 20、40 和 60 d 时,其拉伸面积、拉伸阻力和最大拉伸阻力均超差(图 3~图 4);随着温度的升高(35 ℃)时间的延长(60 d),其湿面筋含量、吸水量、拉伸阻力和最大拉伸阻力均超差。因此,低温和高温均对中筋小麦的拉伸参数影响较大。

不同储藏温度和时间对弱筋小麦湿面筋含量、吸水量、形成时间、拉伸各参数的影响较小(表 3),除了吸水量有两个超差外,其余均在标准要求的误差值范围内。不同储藏温度和时间对稳定时间和弱化度的影响较大,尤其是稳定时间(图 5~图 6),相对相差最大值达到 136.7%,严重超差;当储藏时间达到 60 d 时,稳定时间结果与对照结果不超差。对照其它弱筋小麦(未附图)与扬麦 15 粉质图谱发现,扬麦 15 的粉质图谱具有其特殊性,具体表现在面团稠度达到峰值后,一般的弱筋小麦面团耐搅拌能力会迅速减弱,弱化度值在 100 FU 以上,甚至 200 FU 以上,而扬麦 15 的弱化度较小,与强筋小麦的弱化度相近(表 1),且小于中筋小麦(表 2),表明扬麦 15 的面筋强度较强,耐搅拌能力较强,与一般弱筋小麦不同。因此,粉质仪读数差别较大与其本身的特性有关。

2.2 4 ℃ 下不同类型小麦面粉在不同储藏时间下品质性状变化

制粉完成后,面粉后熟 14 d 开始检测,但是遇到样品量大,不能及时进入检测环节的样品,为了最大限度地保证后续样品检测结果准确性,本研究结合小麦籽粒储藏的初步结果和面粉储藏的实施可行性,进

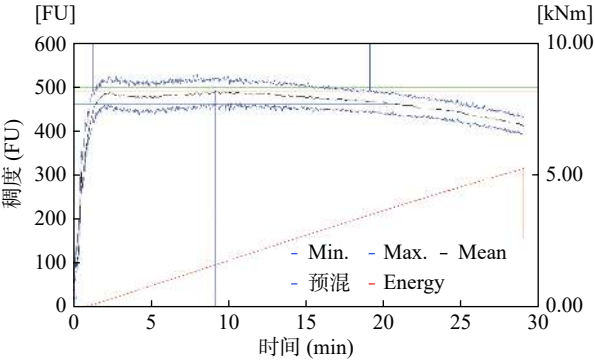


图 1 西农 20 在室温条件下储藏的粉质曲线图谱

Fig.1 Dough farinograph curve of Xi'nong 20 storage at room temperature

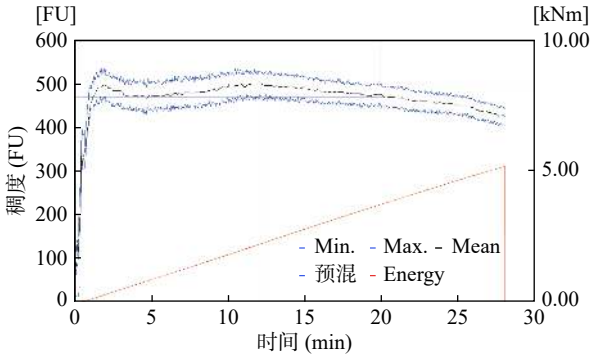


图 2 西农 20 在 35 ℃ 条件下储藏 60 d 的粉质曲线图谱

Fig.2 Dough farinograph curve of Xi'nong 20 storage at 35 ℃ for 60 days

表 2 中筋小麦籽粒在不同储藏条件的品质性状

Table 2 Quality parameters of middle-gluten wheat in different storage conditions

储藏 温度	储藏时 间(d)	湿面筋含量(%)		粉质参数								拉伸参数							
		测定值	允差 ≤1%	吸水量 (mL/100 g)		形成时间 (min)		稳定时间 (min)		弱化度 (FU)		拉伸面积 (cm ²)		拉伸阻力 (EU)		延伸性 (mm)		最大拉伸阻力 (EU)	
				测定值	允差 ≤1%	测定值	允差 ≤1%	测定值	实测差	测定值	允差 ≤20	测定值	允差 ≤15%	测定值	允差 ≤15%	测定值	允差 ≤9%	测定值	允差 ≤15%
对照	14	29.6	—	59.4	—	3.3	—	4.8	—	111	—	34	—	125	—	163	—	142	—
	20	30.2	0.6	58.7	0.7	4	0.7	4.9	2.1	98	12.4	49	36.2*	162	25.7*	171	4.8	202	34.9*
	40	29.2	0.4	59.2	0.2	4.2	0.9	4.5	6.5	104	6.5	45	27.8*	151	18.9*	165	1.2	186	26.9*
	60	29.7	0.1	58.8	0.6	3.5	0.2	4.7	2.1	99	11.4	45	27.8*	153	20.2*	166	1.8	190	29.0*
-20 ℃	20	30.6	1.0	58.8	0.6	4.2	0.9	4.8	0.0	104	6.5	39	13.7	126	0.8	176	7.7	154	8.2
	40	29.6	0.0	59.2	0.2	3.3	0.0	4.4	8.7	106	4.6	43	23.4*	134	7.0	177	8.3	169	17.4*
	60	30.2	0.6	58.5	0.9	3.3	0.0	4.5	6.5	104	6.5	39	13.7	133	6.2	165	1.2	161	12.6
	20	30.4	0.8	58.6	0.8	3.6	0.3	3.9	20.4	112	0.9	39	13.7	137	9.2	165	1.2	162	13.2
4 ℃	40	30.0	0.4	60.4	1.0	3.5	0.2	5.1	6.1	96	14.5	42	21.0*	144	14.2	168	3.0	169	17.4*
	60	30.7	1.1*	58.3	1.1*	4.0	0.7	4.3	10.9	104	6.5	40	16.3*	148	16.8*	160	1.9	173	19.7*
35 ℃	40	30.0	0.4	60.4	1.0	3.5	0.2	5.1	6.1	96	14.5	42	21.0*	144	14.2	168	3.0	169	17.4*
	60	30.7	1.1*	58.3	1.1*	4.0	0.7	4.3	10.9	104	6.5	40	16.3*	148	16.8*	160	1.9	173	19.7*

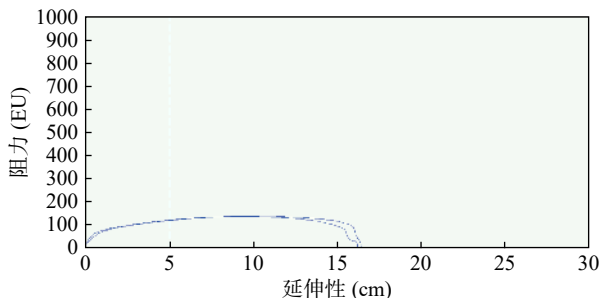


图 3 周麦 28 在室温条件下储藏的拉伸曲线图谱

Fig.3 Dough extensograph curve of Zhoumai 28 storage at room temperature

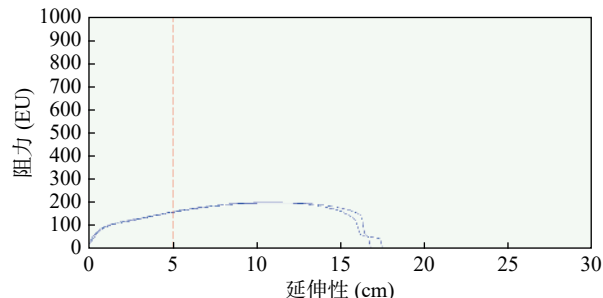


图 4 周麦 28 在-20 ℃ 条件下储藏 20 d 的拉伸曲线图谱

Fig.4 Dough extensograph curve of Zhoumai28 storage at -20 ℃ for 20 days

表 3 弱筋小麦籽粒在不同储藏条件的品质性状

Table 3 Quality parameters of weak-gluten wheat in different storage conditions

储藏 温度	储藏时 间(d)	湿面筋含量(%)		粉质参数								拉伸参数							
		测定值	允差 ≤1%	吸水量 (mL/100 g)		形成时间 (min)		稳定时间 (min)		弱化度 (FU)		拉伸面积 (cm ²)		拉伸阻力 (EU)		延伸性 (mm)		最大拉伸阻力 (EU)	
				测定值	允差 ≤1%	测定值	允差 ≤1%	测定值	实测差	测定值	允差 ≤20	测定值	允差 ≤15%	测定值	允差 ≤15%	测定值	允差 ≤9%	测定值	允差 ≤15%
对照	14	27.6	—	55.6	—	1.4	—	2.2	—	62	—	102	—	284	—	181	—	429	—
	20	27.1	0.5	54.8	0.2	1.8	0.4	11.7	136.7*	32	30*	103	1.0	290	2.1	180	0.6	428	0.2
	40	28.3	0.7	55.1	0.5	1.8	0.4	11.2	134.4*	33	29*	94	8.2	281	1.1	172	5.1	415	3.3
	60	27.3	0.3	55.4	0.2	1.3	0.1	1.7	0.5	53	9.0	105	2.9	305	7.2	178	1.7	436	1.6
-20 ℃	20	26.6	1.0	54.2	1.4*	1.8	0.4	9.3	122.5*	38	24*	105	2.9	278	2.2	185	2.2	419	2.4
	40	28.1	0.5	54.6	1.0	1.7	0.3	6.0	92.7*	45	17	99	3.0	268	5.8	182	0.6	408	5.0
	60	27.1	0.5	54.7	0.9	1.7	0.3	2.6	0.4	50	12	100	2.0	306	7.5	171	5.7	448	4.3
	20	26.9	0.7	54.2	1.4*	1.6	0.2	6.2	95.3*	50	12	96	6.1	268	5.8	178	1.7	404	6.0
4 ℃	40	27.6	0	54.8	0.8	1.5	0.1	2.7	0.5	51	11	105	2.9	312	9.4	175	3.4	455	5.9
	60	26.6	1.0	54.8	0.8	1.4	0.1	2.0	0.3	48	10	104	2.0	326	13.8	168	7.5	468	8.7
35 ℃	40	27.6	0	54.8	0.8	1.5	0.1	2.7	0.5	51	11	105	2.9	312	9.4	175	3.4	455	5.9
	60	26.6	1.0	54.8	0.8	1.4	0.1	2.0	0.3	48	10	104	2.0	326	13.8	168	7.5	468	8.7

行了在 4 ℃ 不同储藏时间下面粉品质性状的测定(见表 4)。从结果可以看出,与对照相比,在 4 ℃ 条件下,各类型小麦除储藏时间 60 d 时的吸水量超差外,其湿面筋含量、粉质各参数均在标准要求的误差值范围内;而不同的储藏时间对各类型小麦拉伸各参数的影响不同,强筋小麦拉伸各参数均未超差;中筋小麦在储藏 60 d 时的拉伸面积超差,其它均未超差;因此,强筋和中筋面粉在 4 ℃ 储藏是可行的。而弱

筋小麦除了延伸性未超差外,拉伸面积、拉伸阻力和最大拉伸阻力均超差。可见,弱筋小麦制粉完成后应加快检测,但是弱筋小麦一般不要求检测拉伸参数,这个结果仅作为参考。

3 结论与讨论

不同储藏条件对不同类型小麦的湿面筋含量、吸水量和弱化度的影响较小,各参数测定值较稳定,在标准要求允差值内;但是对其它品质参数的影响在强、

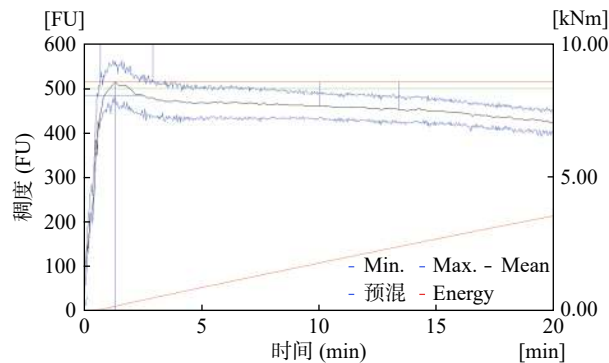


图 5 扬麦 15 在室温条件下储藏的粉质曲线图谱
Fig.5 Dough farinograph curve of Yangmai15 storage at room temperature

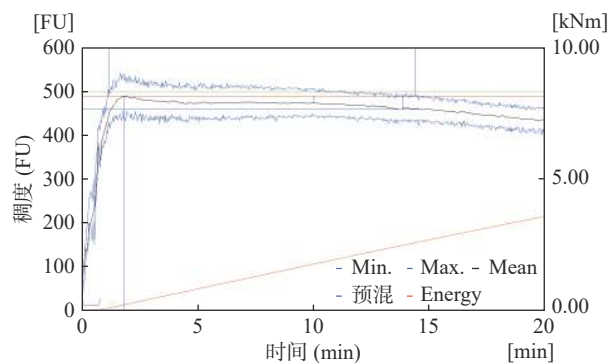


图 6 扬麦 15 在-20 °C 储藏 20d 的粉质曲线图谱
Fig.6 Dough farinograph curve of Yangmai15 storage at -20 °C for 20 days

中和弱筋小麦中表现不同。可能是因为面粉在储藏阶段发生的化学合成不影响湿面筋的总量^[15-16],而对温度敏感的蛋白的变化会直接影响与其相关的品质指标测定,从而表现出不同程度的超差现象^[3, 17-18]。总体来说,以籽粒方式储藏时,不同的储藏条件对强

筋小麦的影响较小,仅高温(35 °C)对强筋小麦的形成时间和拉伸面积有影响。因此,强筋小麦的储藏应避免高温;不同的储藏条件对中筋小麦的拉伸各参数影响较大^[19],尤其在-20 和 35 °C 时,除延伸性外,其它品质指标均有不同程度的超差,因此中筋小麦储藏应避免-20 和 35 °C;与中筋不同,不同储藏条件对弱筋小麦的拉伸各参数影响较小,对粉质参数影响较大,尤其是稳定时间。但是随着面粉放置的时间越长,粉质各参数测定值越接近对照,在允差范围内。

强筋小麦西农 20 在储藏 20 d 时,粉质图谱只有一个峰值(图 1),但是在储藏 40~60 d,粉质图谱出现了明显的双峰现象(图 2),导致形成时间增大,变化范围是 9.0~13.2 min。从图 2 可以明显看出,随着储藏时间的延长,在面团揉混 2 和 12 min 时出现了两个较高的峰值。比较三种不同温度的下 40 和 60 d 的粉质图谱发现,在高温(35 °C)条件下,双峰现象更为明显,可能是品种本身含有的某些蛋白亚基对高温比较敏感,高温诱导其高效表达^[20],也有可能和淀粉有关^[1, 21-22],目前尚不清楚。

弱筋小麦扬麦 15 为优质弱筋品种,审定时面团稳定时间仅 1.1 min,但是在本实验中发现,其籽粒-20 °C 储藏至 20~40 d 时,稳定时间达到 11.2~11.7 min(图 5、图 6),超过了国家标准强筋小麦的稳定时间(8 min),随着储藏时间的延长至 60 d 时,稳定时间降至 1.7 min,究其原因,可能与其粉质曲线图谱较宽,达到高峰值后下降较小,弱化度较低,然后较长时间稳定在这个范围,因此粉质仪读数显示稳定时间较长有关;也与扬麦 15 本身特质有关,其面筋指数偏硬,能够达到 71%~93%,拉伸各参数均较大,最大拉伸阻力 400 FU,超过了大多数中筋小麦的拉伸参数值^[23]。西农 20 和扬麦 15 的研究结果均说明,针对这一类面筋较强的样品,要适当延长其后熟时

表 4 4 °C 下不同类型小麦面粉在不同储藏时间下品质性状
Table 4 Quality parameters of different wheat flours in different storage conditions at 4 °C

类型	项目	湿面筋含量(%)				粉质参数								拉伸参数							
		测定值	允差 ≤1%	吸水量 (mL/100 g)		形成时间 (min)		稳定时间 (min)		弱化度 (FU)		拉伸面积 (cm ²)		拉伸阻力 (EU)		延伸性 (mm)		最大拉伸阻力 (EU)			
				测定值	允差 ≤1%	测定值	允差	测定值	—	测定值	允差	测定值	允差	测定值	允差 ≤15%	测定值	允差 ≤15%	测定值	允差 ≤9%	测定值	允差 ≤15%
强筋	对照	30.2	—	63.5	—	9.2	—	17.8	—	33	—	134	—	366	—	177	—	602	—		
	20	31.2	1	63.2	0.3	10.2	10.3	15.9	11.3	45	12	122	9.4	352	3.9	172	2.9	570	5.5		
	40	30.2	0	63.2	0.3	10.5	13.3	16	10.7	41	8	116	14.4	316	14.7	176	0.6	533	12.4		
	60	30.9	0.7	62.5	1.0	11.7	20	17.2	3.4	46	13	124	7.8	358	2.2	174	0	571	5.3		
中筋	对照	29.6	—	59.4	—	3.3	—	4.8	—	111	—	35	—	125	—	163	—	142	—		
	20	29.9	0.3	59.3	0.1	3.5	0.2	4.3	10.9	108	2.7	40	13.4	136	8.5	164	0.6	165	15		
	40	30.2	0.6	59.2	0.2	4	0.7	4.7	2.1	106	4.6	40	13.4	125	0	178	8.8	155	8.8		
	60	29.8	0.2	57.4	2.0 [*]	3.7	0.4	4.4	8.7	132	17.3	42	18.2 [*]	142	12.7	171	4.8	171	4.8		
弱筋	对照	27.6	—	55.6	—	1.4	—	2.2	—	62	—	102	—	284	—	181	—	429	—		
	20	26.6	1	55.1	0.7	1.7	0.3	2	0.2	65	3	83	20.6 [*]	236	18.6 [*]	176	2.8	341	22.9 [*]		
	40	27.2	0.4	55.5	0.3	1.7	0.3	1.8	0.4	74	12	76	29.3 [*]	224	23.7 [*]	175	3.4	322	28.5 [*]		
	60	26.6	1	53.3	2.5 [*]	1.5	0.1	2.4	0.2	54	8	84	19.4 [*]	242	16.0 [*]	183	1.1	346	21.5 [*]		

注:形成时间:>4 min时,相对相差≤25%;<4 min,绝对差≤1 min;弱化度:>100 FU,相对相差≤20%;<100 FU,绝对差≤20 FU。

间,保证小麦的品质达到一个相对稳定,又能真实体现其特性的状态,在今后的检测中需要特别重视。有关小麦在储藏过程中温度对某一类蛋白或淀粉的感应机理,需要进一步的深入研究。

参考文献

- [1] 张坤铖,关二旗,卞科,等.高温储藏下小麦淀粉和蛋白质消化率变化规律研究[J].中国粮油学报,2015,30(2):11-14.
- [2] 马良,王若兰.高温储藏条件下不同水分含量小麦品质变化研究[J].粮食与油脂,2015,28(2):24-27.
- [3] 韦志彦,王金水,曹志洋,等.高温高湿处理对小麦籽粒蛋白质、氨基酸及糖类含量的影响[J].中国粮油学报,2009,24(9):5-11.
- [4] Schinabeck T M, Weigler F, Mellmann J, et al. Dynamics of the particle moisture distribution during storage of wheat under laboratory and pilot-scale conditions[J]. *Journal of Stored Products Research*, 2019, 82: 54-66.
- [5] 杨绍铭,宋永令,卫博.气调储藏对小麦籽粒加工品质的影响[J].食品科技,2019,44(11):163-167.
- [6] 焦义文,李庆光,陈娟,等.充氮气调对小麦储藏品质的影响研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2014,35(5):97-100.
- [7] Tian P P, Lv Y Y, Yuan W J, et al. Effect of artificial aging on wheat quality deterioration during storage[J]. *Journal of Stored Products Research*, 2019, 80: 50-56.
- [8] 刘丽杰,李喜宏,李仲群,等.不同处理对小麦储藏品质影响的研究[J].食品科技,2010,35(3):153-156.
- [9] Tronsmo K M, Færgestad E M, Schofield J D, et al. Wheat protein quality in relation to baking performance evaluated by the Chorleywood bread process and a hearth bread baking test[J]. *Journal of Cereal Science*, 2003, 38(2): 205-215.
- [10] 韦志彦,王金水,张艳,等.新收获小麦后熟过程中蛋白质和氨基酸含量的变化[J].中国粮油学报,2010,25(2):23-30.
- [11] Rakić S, Janković S, Marčetić M, et al. Functional properties of wheat kernels (*Triticum aestivum* L.) during storage[J]. *Journal of Stored Products Research*, 2020, 87: 101587.
- [12] 邹凤羽,王兰,周惠明.新收获小麦粉熟化作用对其品质影响的研究[J].郑州工程学院学报,2002,23(3):10-14,22.
- [13] 赵乃新,马志强,王乐凯,等.小麦储藏过程中品质性状变化规律分析[J].麦类作物学报,2004,24(4):67-70.
- [14] 王从磊,梁丹,王建贺,等.不同储藏时期强筋小麦品质特性变化分析[J].山西农业科学,2014,42(3):217-219,235.
- [15] 耿瑞蝶,张霞,王琦,等.新收获小麦在储藏过程中面筋聚集特性研究[J].河南工业大学学报(自然科学版),2019,40(5):1-6.
- [16] Hadnadev M, Dapčević Hadnadev T, Pojić M, et al. Changes in the rheological properties of wheat dough during short-term storage of wheat[J]. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2015, 95(3): 569-575.
- [17] 赵丹,张玉荣,林家永,等.小麦储藏品质评价指标研究进展[J].粮食与饲料工业,2012(2):10-14.
- [18] 段兰萍,梁瑞.新收获小麦在贮藏期间品质指标变化规律的分析[J].粮食加工,2010,35(6):22-24.
- [19] 孙辉,姜薇莉,田晓红,等.小麦粉储藏品质变化规律研究[J].中国粮油学报,2005,20(3):77-82.
- [20] Mhiko T A. Determination of the causes and the effects of storage conditions on the quality of silo stored wheat (*Triticum aestivum*) in Zimbabwe[J]. *Natural Products and Bioprospecting*, 2012, 2(1): 21-28.
- [21] 张玉荣,刘月婷,张德伟,等.小麦中淀粉在不同储藏温湿度下糊化特性的变化[J].河南工业大学学报(自然科学版),2014,35(2):10-15,20.
- [22] Yang Z, Yu W, Xu D, et al. Impact of frozen storage on whole wheat starch and its A-type and B-type granules isolated from frozen dough[J]. *Carbohydrate Polymers*, 2019, 223: 115142.
- [23] 中华人民共和国农业部种植业管理司.2017中国小麦质量报告[R].2017.