

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2023.02.023

王丽娜, 郭超, 陈亮, 等. 氮气气调储藏启封前后小麦品质变化研究[J]. 粮油食品科技, 2023, 31(2): 178-184.

WANG L N, GUO C, CHEN L, et al. The quality of wheat after unsealing of controlled atmosphere by nitrogen[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2023, 31(2): 178-184.

氮气气调储藏启封前后小麦品质变化研究

王丽娜¹, 郭超²✉, 陈亮¹, 卢颖欣¹, 许妙霞¹,
郑小善¹, 郭红红³, 何梦婷²

- (1. 广州岭南穗粮谷物股份有限公司, 广东 广州 511458;
2. 粮食储藏与害虫防治研究室, 广东省粮食科学研究所有限公司, 广东 广州 510050;
3. 广州市粮食集团有限责任公司, 广东 广州 510050)

摘要: 研究了在温度为(30±2)℃、相对湿度在75%的条件下氮气气调启封前后小麦的加工品质变化, 分析了小麦水分、蛋白质、湿面筋、降落数值、面筋吸水量、面团流变学特性等重要加工指标的变化规律。结果表明, 氮气气调储藏60 d和启封后60 d的小麦粉蛋白质的数量和质量、面团流变学特性无显著变化。小麦初始阶段、气调储藏阶段和启封后的蛋白质、湿面筋(全麦粉)、面筋指数、面筋吸水量、湿面筋(小麦粉)、吸水率差异不显著。启封前小麦粉面团形成时间、面团稳定时间随时间逐渐增加, 气调储藏阶段增速高于启封阶段的变化。小麦粉面团的拉伸能量值、拉伸阻力、拉伸比例随着启封时间延长逐渐增加, 小麦从缺氧到富氧过程面团的筋力有所增强, 面团从开始拉伸到拉断为止所需能量逐渐增大, 但其延伸性变化不大。

关键词: 小麦; 氮气; 气调储藏; 品质; 启封

中图分类号: S 379.5 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2023)02-0178-07

The Quality of Wheat after Unsealing of Controlled Atmosphere by Nitrogen

WANG Li-na¹, GUO Chao²✉, CHEN Liang¹, LU Ying-xin¹, XU Miao-xia¹,
ZHENG Xiao-shan¹, GUO Hong-hong³, HE Meng-ting²

- (1. Guangzhou Lingnan Suiliang Grain Co., Ltd, Guangzhou, Guangdong 511458, China;
2. Laboratory of Grain Storage and Pest Control, Grain Storage and Logistics National Engineering Laboratory, Guangdong Institute for Cereal Science Research, Guangzhou, Guangdong 510050, China;
3. Guangzhou Grain Co., Ltd, Guangzhou, Guangdong 510050, China)

Abstract: The processing quality of wheat before and after unsealing of controlled atmosphere storage under the conditions of temperature of (30±2) °C and relative humidity of 75% were studied. Such processing and storage indicators of wheat as the moisture, protein, wet gluten, falling number, gluten water absorption,

收稿日期: 2022-11-28

基金项目: 中国烟草总公司烟草绿色防控重大专项[110202101029(LS-04)]

Supported by: China National Tobacco Corporation Major Tobacco Green Prevention and Control Project [No. 110202101029(LS-04)]

作者简介: 王丽娜, 女, 1979年出生, 硕士, 工程师, 研究方向为谷物加工与检测。E-mail: bingshui2005@126.com.

通讯作者: 郭超, 男, 1982年出生, 硕士, 高级工程师, 研究方向为储藏物昆虫与害虫生物防治。E-mail: guochao2000@139.com.

doughs rheological properties determination were evaluated. The results showed that, there were no significant change in the quantity and quality of protein, dough rheological properties of wheat flour stored in nitrogen controlled atmosphere for 60 d storage and 60 d unsealing. There were no significant differences in protein, wet gluten (ground wheat), gluten index, gluten water absorption, wet gluten (flour) and water absorption in the initial stage, modified atmosphere storage stage and nitrogen exhaust stage. The dough formation time and dough stability time of wheat flour before unsealing of nitrogen increased gradually with time, and the growth rate in the modified atmosphere storage stage was higher than that in the nitrogen exhaust stage. The energy value, extensograph resistance, and stretching ratio of wheat flour dough gradually increase with the extension of air dispersion time. The gluten strength of the dough increases during the process of wheat from hypoxia to oxygen enrichment, and the energy required for the dough from stretching to breaking increases gradually, but its extensibility does not change much.

Key words: controlled atmosphere storage; quality; unsealing

小麦是全世界的主要粮食作物之一，以小麦粉为原料制成的多种食品^[1]，因其耐储性在我国粮食的战略储备中占有重要的地位。氮气气调储藏技术能够延缓粮食品质下降，降低轮换费用，减少企业人工成本，还可向社会提供绿色环保的食品，该技术的应用符合企业发展和现代人的食品安全需要。氮气气调储藏是国家粮食局“十一五”计划时期重点推荐和倡导的绿色储粮模式，符合新形势下仓储管理的总体目标，因而是今后仓储发展的方向和未来绿色储粮的趋势。近些年来，由于制氮设备的研发和气密性良好的仓房建设，富氮低氧氮气气调技术在我国南方地区都得到了推广应用，并取得了显著的效果。随着生活水平的不断提高，人们对小麦粉加工品质的要求也越来越高^[2]。因此，研究富氮低氧气调储藏对小麦的加工品质影响具有重要的意义。

近些年来，国内对充氮气调储粮做了较多的研究报道，研究的小麦指标主要为发芽率、脂肪酸值、降落数值、面筋吸水量、千粒重、容重、硬度、粉质特性等。焦义文等（2014）报道在 15~35℃下氮气气调存储 8 个月的小麦脂肪酸值、电导率、降落数值等储藏指标；湿面筋（全麦粉）含量、粗淀粉含量等营养指标；小麦粉粘度、糊化温度、面团形成时间、稳定时间等指标同常规储藏变化差异不大^[3]。杨绍铭等（2019）在（25±2）℃实验室条件下，比较了充氮储藏、充二氧化碳和常规储藏方式下小麦的千粒重、容重、硬度、白

度、面筋吸水量、降落数值、粉质特性变化等储藏品质和加工品质变化，结果表明氮气气调储藏条件对小麦粉面团形成时间的影响较小，有加快中筋小麦与低筋小麦弹性下降的作用^[4-5]。钱志海等（2012）报道了在一个轮换周期内 52 个富氮低氧廋间和 60 个非充氮廋间的库存粮食的储存品质变化情况，结果表明，富氮低氧条件下储存的稻谷和玉米，其脂肪酸值年平均上升数均低于常规储存的稻谷和玉米^[6]。张玉荣等（2020）报道了小麦不同程度萌发后其加工品质的变化，结果表明，随着小麦萌动和发芽程度的加深，小麦的出粉率，面团吸水率、形成时间、稳定时间及粉质指数均呈现下降趋势，面团弱化度则逐渐上升，而沉降值变化并无规律^[7]。Moncini 等（2020）研究了在立筒仓内使用 98.5%±0.5%氮气存储意大利小麦，其维生素 E（ α -生育酚）、多酚和抗自由基活性等营养品质的变化，结果表明氮气气调储粮减少了小麦中维生素 E 的损失^[8]。Kurek 等（2020）研究了小麦在 98%和 92%氮气浓度下存储 6 个月种子发芽率和小麦粉酸度变化，结果表明高浓度的氮气气调储存下延缓小麦种子发芽率的减低和延缓小麦粉酸度的升高^[9]。文献报道多为氮气储粮期间小麦的储存品质变化，而关于小麦气调储藏启封前后加工品质的研究报道较少。

本研究结合面粉厂实际生产需要，研究了小麦在温度为（30±2）℃、相对湿度为 75%的条件下，在 98%氮气浓度中，气调密闭储藏 60 d 和氮

气启封后 60 d 期间,水分、蛋白质、湿面筋、降落数值、面筋吸水量、粉质及拉伸特性等重要加工与储存指标的变化,以期为面粉加工企业科学合理氮气调储存小麦和面粉的加工提供技术参考。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

供试小麦为 1#加麦,2017 年 1 月入库,初始指标见表 1。

表 1 小麦初始指标
Table 1 Initial indicators of wheat

水分 /%	灰分 /%	硬度 指数	蛋白 质/%	降落 数值/s	湿面 筋(全麦 粉) /%	面筋 指数	面筋吸 水量/%	湿面筋 (小麦 粉) /%
12.4	1.75	66	15.50	367	35.5	88	199	37.8

1.2 设备与试剂

1.2.1 仪器与设备

三气培养箱, Binder CB 53 型: BINDER GmbH; MLU-202 型实验磨粉机: 布勒设备工程(无锡)有限公司; DHG-9070A 型恒温烘箱, 恒温波动度: ± 1 °C, 控制范围: RT+10~200 °C/RT+10~250 °C、恒温波动度: ± 1 °C, 控制范围: RT+10~200 °C/RT+10~250 °C; 上海精宏实验设备有限公司; 全自动凯氏定氮仪, Kjeltac 8400 型: FOSS NIRSystems Inc; 面粉加工精度检测仪, 1.0 型: 珠海市博恩科技有限公司; 小麦硬度指数检测仪, JYDX100×40 型、FN1900 降落数值仪、GM2200 型洗面筋仪: Perten Ruihua Scientific Instruments (Beijing) Co., Ltd.; 粉质仪, FARINOGRAPH-AT 自动型、拉伸仪, EXTENSOGRAF-E 电子型: Brabender GmbH & Co.KG。

1.2.2 实验试剂

硫酸铜, 分析纯, 99.0%: 天津市化工三厂有限公司; 硫酸钾, 分析纯, 99.0%: 天津市登峰化学试剂厂; 硫酸, 分析纯、95%乙醇, 分析纯、氯化钠, 分析纯, 99.5%、盐酸, 1 mol/L: 南京化学试剂股份有限公司; 硼酸, 99.999%: 西格玛奥德里奇(上海)贸易有限公司; 氢氧化钠, 分析纯, 98%: 天津市富宇精细化工有限公司。

1.3 实验方法

将 5 kg 供试小麦分成 10 份样品, 用棉质面

粉袋封口包装。在温度为 (30 ± 2) °C、相对湿度在 75%的条件下, 将 10 份样品放入三气培养箱中, 保持氮气浓度为 98%。在 60 d 密闭期间每隔 10 d 取出 1 份样品, 气调 60 d 后每隔 20 d 取出 1 份样品。小麦的检测指标为水分、蛋白质、湿面筋、降落数值、面筋吸水量、粉质及拉伸特性。另取 50 kg 小麦以不充氮气为对照样品。

1.4 检验项目

水分按照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》^[10];

蛋白质按照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》^[11]测定;

降落数值按照 GB/T 10361—2008《小麦、黑麦及其面粉, 杜伦麦及其粗粒粉 降落数值的测定》^[12]测定;

湿面筋、面筋指数按照 GB/T 5506.2—2008《小麦和小麦粉 面筋含量 第 2 部分: 仪器法测定湿面筋》^[13]测定;

粉质按照 GB/T 14614—2019《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 粉质仪法》^[14];

拉伸按照 GB/T 14615—2019《粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 拉伸仪法》^[15]测定;

面筋吸水量按照 GB/T 20571—2006《小麦储存品质判定规则》^[16]测定。

1.5 数据分析

数据处理采用 SPSS Statistics 17.0 分析。

2 结果与分析

2.1 小麦籽粒基础参数的变化

小麦籽粒基础参数的变化如表 2 所示。由表 2 可知, 水分是评价小麦储存品质的重要指标, 气调储藏前水分为 12.4%, 气调储藏过程水分介于 12.4%~13.5%, 启封后水分为 13.3%~13.7%。实验期间小麦水分持续增加, 这是由于整个实验阶段均在温度为 (30 ± 2) °C、相对湿度在 75%的条件下进行, 小麦的平衡水分逐渐升高。小麦气调储藏前灰分为 1.75%, 气调储藏过程灰分介于 1.73%~1.77%, 启封后灰分为 1.62%~1.76%, 小麦气调储藏前硬度指数为 66, 气调储藏过程硬度指数介于 65~66, 启封后硬度指数为 67。

表 2 小麦籽粒基础参数的变化

Table 2 Changes of basic parameters of wheat

试样	水分/%	灰分/%	硬度指数
原始样品	12.4	1.75	66
充氮 20 d	13.5	1.75	66
充氮 40 d	13.1	1.73	66
充氮 60 d	13.1	1.77	65
启封 20 d	13.5	1.62	67
启封 40 d	13.7	1.76	67
启封 60 d	13.3	1.64	67

2.2 小麦蛋白质的数量和质量的变化的变化

小麦气调储藏前蛋白质含量为 15.50%，气调储藏过程蛋白质含量介于 15.42%~15.55%，启封后蛋白质含量为 15.40%~15.60%。基于在储藏过程小麦蛋白质的含量基本不发生变化^[17]的前提，实验期间，同一批小麦蛋白质含量未出现降低，这表明启封对小麦的蛋白质含量无影响。湿面筋是组成面筋的主要成分。小麦气调储藏前湿面筋（全麦粉）含量为 35.5%，气调储藏过程湿面筋（全麦粉）含量呈 35.8%~36.8%波动变化，启封后湿面筋（全麦粉）含量为 35.5%~36.6%。

面筋指数是反映小麦粉质量的指标。小麦气调储藏前面筋指数含量为 88，气调储藏过程面筋指数从 86 降低至 82，启封后面筋指数从 79 升高至 83。小麦面筋吸水量是小麦储存品质的重要指标，反映小麦面筋蛋白的质量好坏，是判断小麦是否宜存的重要依据^[3]。小麦气调储藏前面筋吸水量为 199%，气调储藏过程面筋吸水量介于从 204%~206%，启封后面筋吸水量介于 200%~203%。小麦气调储藏前湿面筋（小麦粉）含量为 37.8%，气调储藏过程湿面筋（小麦粉）介于从 37.5%~38.4%，启封后湿面筋（小麦粉）含量介于 38.3%~39.3%。分别对小麦原始样品蛋白质、湿面筋（全麦粉）、面筋指数、湿面筋（小麦粉）两次检测的结果数据，同气调储藏过程 20 d、40 d、60 d 的检测指标和启封后 20 d、40 d、60 d 的检测指标比较，各检测指标经平方根反正弦数据转换，采用 SPSS17.0 单因素方差分析，相伴概率分别为 0.943 5、0.439 6、0.103 4、0.134 6，均大于 0.05，表明小麦初始阶段、气调储藏阶段和启封阶段的

蛋白质、湿面筋（全麦粉）、面筋指数、湿面筋（小麦粉）差异不显著。这表明，在实验实施的有限时间内，气调储藏对小麦蛋白质的数量和质量的变化的变化无显著影响。

降落数值反应的是 α -淀粉酶的活性，可以准确评价谷物发芽损伤的程度^[17]，谷物淀粉酶活性随着储藏时间的延长而降低。由图 1-f 可知，降落数值在储存期间缓慢升高，启封 40 d 后开始降低，其原因值得进一步研究。Nitin Kumar Garg 等（2022）指出在储存期间，小麦的品质指标影响较大的是降落数值，其数值的增加取决于储存条件^[18]。本研究中发现小麦的降落数值在储存期间缓慢升高，启封 40 d 后开始降低，这表明气调期间和启封期间的储存条件改变可能影响到小麦的降落数值变化。有报道，在 35 °C 下氮气气调存储 8 个月的小麦降落数值变化小于常规储藏下的变化^[3]。

2.3 面团的流变学特性变化

小麦粉吸水能力和面团揉混过程中流变学特性变化如表 3 所示。由表 3 可知，不同的小麦粉吸水量存在差异，原始样品小麦粉吸水率为 65.8%，充氮气调过程随着时间的延长，40 d 小麦粉的吸水量先增加至 73.9%，后随着时间的延长逐渐降低至 65.1%。一般地，吸水量与小麦粉的蛋白质含量及破损淀粉量有关，面粉含面筋越多，吸水量越大。分别对小麦原始样品吸水率两次检测的结果数据，同气调储藏过程 20 d、40 d、60 d 的检测指标和启封后 20 d、40 d、60 d 的检测指标比较，经平方根反正弦数据转换采用 SPSS17.0 单因素方差分析，相伴概率为 0.074 2，大于 0.05，表明小麦初始阶段、气调储藏阶段和启封阶段的吸水率差异不显著。

在实验期间，小麦粉面团的形成时间随时间逐渐增加，氮气气调 20~60 d 期间小麦粉面团形成时间由 9.5 min 增加至 11.8 min，增加了 24.2%，而启封后 20~60 d 期间小麦粉面团形成时间由 11.9 min 增加至 12.7 min，增加了 6.7%。在实验期间，小麦粉面团的稳定时间随时间逐渐增加，氮气气调 20~60 d 期间小麦粉面团稳定时间由 12.0 min 增加至 18.0 min，增加了 50.0%，而启封

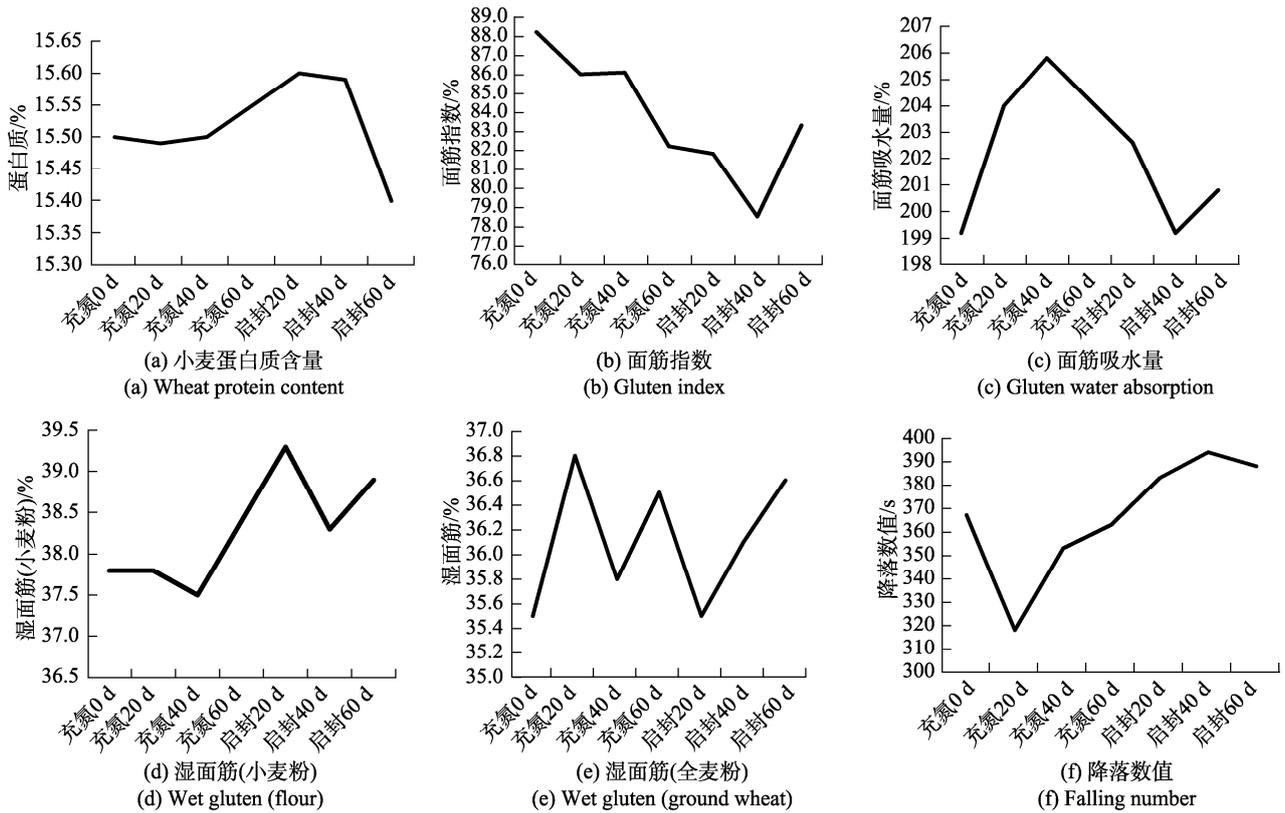


图 1 小麦蛋白质的数量和质量指标变化

Fig.1 Changes in quantity and quality indicators of wheat protein

表 3 面团的流变学特性变化

Table 3 Rheological properties of wheat flour dough

名称	吸水率/%	形成时间/min	稳定时间/min
原始样品	65.8	9.0	13.8
充氮 20 d	71.8	9.5	12.0
充氮 40 d	73.9	13.2	24.5
充氮 60 d	69.3	11.8	18.0
启封 20 d	68.7	11.9	23.3
启封 40 d	65.1	12.6	25.4
启封 60 d	65.1	12.7	26.0

后 20~60 d 期间小麦粉面团稳定时间由 23.3 min 增加至 26.0 min, 增加了 11.6%。分别对小麦原始样品形成时间、稳定时间两次检测的结果数据, 同气调储藏过程 20 d、40 d、60 d 的检测指标和启封后 20 d、40 d、60 d 的检测指标比较, 采用 SPSS17.0 单因素方差分析, 相伴概率为 0.210 7、0.166 4, 大于 0.05, 表明小麦初始阶段、气调储藏阶段和启封阶段的形成时间、稳定时间差异不显著。从过程上表现出气调储藏的小麦, 启封前小麦粉面团的形成时间、面团的稳定时间随时间逐渐增长, 气调储藏阶段增速高于启封阶段的变

化, 气调储藏对小麦的加工品质有所提高, 其原因值得进一步研究。杨绍铭等 (2019) 报道氮气气调储藏 4 个月的条件对小麦粉面团形成时间的影响较小, 高筋小麦的小麦粉面团的形成时间增加, 低筋小麦、中筋小麦的小麦粉面团的形成时间减少, 但本研究采用的小麦是高筋小麦, 结果表明氮气气调储藏对小麦粉面团的形成时间随时间逐渐增长, 这与本研究结果一致, 其原因值得进一步探讨。本研究中发现仅从数值变化上表现出, 气调储藏阶段小麦粉面团的形成时间、面团的稳定时间增速高于启封阶段的变化, 小麦降落数值在气调储藏阶段和启封阶段变化趋势相反。但从数值变化上表现出, 在实验实施的有限时间内气调储藏对小麦粉面团流变学特性的变化不显著。

2.4 面团的拉伸特性变化

面团的拉伸能量越大, 表明面团筋力越强; 拉伸阻力越大, 面团韧性越强。小麦充氮气调前后面团所产生的拉伸特性变化如表 4 所示。由表 4 可知, 小麦粉面团醒发 45 min、90 min、135 min 时, 面团的能量值、拉伸阻力、拉伸比

例随着启封时间延长逐渐增加,这表明小麦从缺氧到富氧过程面团的筋力增强,面团从开始拉伸

到拉断为止所需能量逐渐增大,但其延伸性变化不大。

表 4 小麦粉面团拉伸特性变化
 Table 4 Tensile properties of wheat flour dough

	醒面时间 45 min				醒面时间 90 min				醒面时间 135 min			
	能量/cm ²	拉伸阻力/BU	延伸性/mm	比例	能量/cm ²	拉伸阻力/BU	延伸性/mm	比例	能量/cm ²	拉伸阻力/BU	延伸性/mm	比例
原始样品	136	265	221	1.2	153	328	203	1.6	145	320	197	1.6
充氮 20 d	142	253	220	1.2	182	405	230	1.8	147	370	201	1.8
充氮 40 d	117	291	196	1.5	129	328	190	1.7	150	352	191	1.9
充氮 60 d	129	266	216	1.2	180	374	210	1.8	170	347	207	1.7
启封 20 d	140	290	213	1.4	187	392	205	1.9	184	420	199	2.1
启封 40 d	171	348	220	1.6	185	428	192	2.2	177	423	187	2.3
启封 60 d	173	365	212	1.7	171	382	199	1.9	173	381	199	1.9

注: 本面团特性参数采用布拉本德电子式拉伸仪检测。

Note: The tensile parameters of wheat flour dough were detected by the Bulabonte electronic stretch instrument.

3 结论

在温度为 (30±2) °C、相对湿度在 75% 的条件下,研究了小麦氮气气调储藏启封前后小麦加工品质的变化,分析了小麦水分、蛋白质、湿面筋(全麦粉)、降落数值、面筋吸水量、粉质及拉伸特性等重要加工与储存指标的变化规律。结果表明,小麦初始阶段、气调储藏阶段和启封阶段的蛋白质、湿面筋(全麦粉)、面筋指数、面筋吸水量、湿面筋(小麦粉)、吸水率差异不显著。氮气气调储藏 2 个月和启封 2 个月的小麦粉蛋白质的数量和质量、面团流变学特性、拉伸特性变化无显著变化。从数值上分析,启封前小麦粉面团的形成时间、面团的稳定时间随时间逐渐增多,气调储藏阶段增速高于启封阶段的变化。小麦粉面团的能量值、拉伸阻力、拉伸比例随着启封时间延长逐渐增加,小麦从缺氧到富氧过程面团的筋力增强,面团从开始拉伸到拉断为止所需能量逐渐增大,但其延伸性变化不大。

参考文献:

- [1] 蒋甜燕. 不同储藏条件下小麦粉品质变化规律的研究[D]. 南京: 南京财经大学, 2010.
JIANG T Y. Study on the variation of the quality of wheat flour under different storage conditions[D]. Nanjing: Nanjing University of Finance and Economics, 2010.
- [2] 关二旗, 庞锦玥, 卞科. 研磨强度对小麦粉品质特性影响的

研究进展[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2019, 40(5): 126-131.

GUANG E Q, PANG J Y, BIAN K. Research progress on the effect of grinding strength on wheat flour quality characteristics[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2019, 40(5): 126-131.

- [3] 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.

JIAO Y W, LI Q G, CHEN J, et al. Effect of controlled atmosphere storage with N₂ on wheat storage quality[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2014, 35(5): 97-100.

- [4] 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.

YANG S M, SONG Y L, WEI B. Effect of controlled atmosphere storage on processing quality of wheat grain[J]. Food Science And Technology, 2019, 44(11): 163-167.

- [5] 杨绍铭, 宋永令, 王克飞. 气调储藏对小麦食用品质的影响[J]. 食品科技, 2019, 44(12): 164-169.

YANG S M, SONG Y L, WANG K F. Effects of controlled atmosphere storage on wheat edible quality[J]. Food Science And Technology, 2019, 44(12): 164-169.

- [6] 钱志海, 陈超胜, 李颖. 富氮低氧条件对粮食储存品质影响调查分析[J]. 粮食储藏, 2012(4): 24-26.

QIAN Z H, CHEN C S, LI Y. Investigation on influence of with high nitrogen and low oxygen on stored grain quality[J]. Grain Storage, 2012(4): 24-26.

- [7] 张玉荣, 潘运宇, 宋秀娟, 等. 小麦不同程度萌发后其加工品质的变化[J]. 河南工业大学学报(自然科学版), 2020, 41(1): 32-38.

ZHANG Y R, PAN Y Y, SONG X J, et al. Changes in

- processing quality of wheat after different degrees of germination[J]. Journal of Henan University of Technology (Natural Science Edition), 2020, 41(1): 32-38.
- [8] MONCINI L, SIMONE G, ROMI M, et al. Controlled nitrogen atmosphere for the preservation of functional molecules during silos storage: A case study using old Italian wheat cultivars[J]. Journal of Stored Products Research, 2020, 88: 101638.
- [9] ICONOMOU D, ATHANASOPOULOS P, ARAPOGLOU D, et al. Cereal quality characteristics as affected by controlled atmospheric storage conditions[J]. American Journal of Food Technology, 2006, 1(2): 149-157.
- [10] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中水分的测定: GB 5009.3—2016[S]. National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National Standards for Food Safety: Measurement of water in food: GB 5009.3—2016[S].
- [11] 国家食品药品监督管理总局, 国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定: GB 5009.5—2016[S]. State Food and Drug Administration, National Health and Family Planning Commission of the People's Republic of China. National Standards for Food Safety: Measurement of protein in food: GB 5009.5—2016[S].
- [12] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 小麦、黑麦及其面粉, 杜伦麦及其粗粒粉 降落数值的测定: GB/T 10361—2008[S]. State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. Wheatmrye and respective flours, durum wheat and durum wheat semolina-Determination of falling number according to Hagberg-Perten: GB/T 10361—2008[S].
- [13] 国家质量监督检验检疫总局. 小麦和小麦粉 面筋含量 第2部分: 仪器法测定湿面筋: GB/T 5506.2—2008[S]. General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Wheat and wheat flour-Gluten content-Part 2:Determination of wet gluten by mechanical means: GB/T 5506.2—2008[S].
- [14] 国家标准化管理委员会, 国家市场监督管理总局. 粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 粉质仪法: GB/T 14614—2019[S]. Standardization Administration of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. Inspection of grain and oils-Doughs rheological properties determination of wheat flour-Farinograph tert: GB/T 14614—2019[S].
- [15] 国家标准化管理委员会, 国家市场监督管理总局. 粮油检验 小麦粉面团流变学特性测试 拉伸仪法: GB/T 14615—2019[S]. Standardization Administration of the People's Republic of China, State Administration for Market Regulation. Inspection of grain and oils-Doughs rheological properties determination of wheat flour-Extensograph test: GB/T 14615—2019[S].
- [16] 国家质量监督检验检疫总局, 国家标准化管理委员会. 小麦储存品质判定规则: GB/T 20571—2006[S]. State Administration for Market Regulation, Standardization Administration of the People's Republic of China. Guidelines for evaluation of wheat storage character: GB/T 20571—2006[S].
- [17] 苏靖, 李云玲, 张青, 等. 储藏期内小麦品质评价指标的选择与研究进展[J]. 食品研究与开发, 2021, 42(10): 204-209. SU J, LI Y L, ZHANG Q, et al. Research on the selection of quality evaluation index of wheat storage[J]. Food Research and Development, 2021, 42(10): 204-209.
- [18] GARG N K, MAHESHWARI C, HASAN M, et al. Effect of long-term storage on wheat nutritional and processing quality[M]. In: KASHYAP P L, GUPTA V, PRAKASH G O, et al. New horizons in wheat and barley research: Global trends, breeding and quality enhancement. Singapore: Springer, 2022: 809-821. 完