

《绿色储粮过程中关键指标的变化研究》项目

技 术 研 究 报 告

上海市粮食科学研究所有限公司

2023 年 11 月

摘要

为深入落实保障国家粮食安全战略，紧扣绿色、生态、环保、节能要求，聚焦国家粮食储备安全核心职能，以绿色仓储为抓手，深入推进优质粮食工程，持续提高科学储粮水平和品质保障能力，切实提升储备粮质量，增加绿色优质粮油产品有效供给，着力推动粮食储备高质量发展，更好地保障本市地方政府储备粮食质量安全，本研究以小麦、稻谷为主要研究对象，分别探究其在储藏过程中的呕吐毒素、水分等指标的变化情况，从而为绿色储粮的有效实施提供数据支撑。主要研究内容和结论如下：（1）通过实验室模拟镰刀菌生长的环境条件（温度、湿度），存放被污染程度不同的小麦（人为干预配制而成），定期进行感官评价和脱氧雪腐镰刀菌烯醇（又名呕吐毒素）含量检测，持续追踪其品质变化情况，分析研究主要影响因素。结果表明，高含量（约 2500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）、中含量（约 800 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）以及低含量（约 400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）3 个不同梯度的小麦在温度为 37 $^{\circ}\text{C}$ 、湿度为 95% 的恒温恒湿箱中储藏 22 周，期间 DON 含量并未有明显的突跃，都处在相应的水平位置，整体趋于稳定。将呕吐毒素含量最高（约 2500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ ）的小麦在恒温恒湿箱储藏、25 $^{\circ}\text{C}$ 常温储藏、18 $^{\circ}\text{C}$ 空调房储藏 3 个不同条件下储藏 22 周，期间呕吐毒素含量未见明显变化，整体趋于稳定，但恒温恒湿箱储藏条件下的小麦已出现生虫或霉变现象，因此停止跟踪试验；试验跟踪至 70 周时，其他 2 个条件下储藏的小麦呕吐毒素含量未见明显变化，结果趋于稳定，分析原因可能是呕吐毒素在小麦生长的时候开始累积，当小麦处于正常条件储存时，禾谷镰刀菌不再生长并分泌毒素，所以小麦呕吐毒素含量变化趋势不大。综上所述，小麦在常温和低温条件下储藏过程中，其不同梯度呕吐毒素含量小麦的毒素含量均未发生显著变化，但低温储藏条件下，呕吐毒素含量变化更小，低温储藏更利于小麦的保存。（2）以南粳 9108、银香 38 2 个品种稻谷为研究对象，通过润稻将其水分含量控制为 14.5%、15.0%、15.5%，并于准低温（18~20 $^{\circ}\text{C}$ ）、室温（实验室）、恒温恒湿箱（恒温 25 $^{\circ}\text{C}$ ）3 个不同条件下储藏，定期跟踪检测稻谷水分、脂肪酸值及米饭食味值等的变化情况。结果表明，室温条件下的稻谷样品水分含量下降最多，脂肪酸值上升最多，准低温条件下的稻谷样品变化最小；在准低温条件下，水分含量 15.5% 的稻谷样品水分含量及脂肪酸值变化最小。通过本次研究发现，准低温的储藏条件及水分含量 15.5% 的稻

谷最适宜短期储藏，相对其他条件而言储藏时间更长。（3）对于上海地区准低温仓库储存的稻谷水分实仓数据进行调研，结果发现入库水分含量为 14.5%、15.0%左右的稻谷，在准低温条件下储存 8~11 个月，不论水分含量、口感，还是加工性能，都没有发生显著性变化，既符合宜储的条件，也符合大米加工的要求。

上海市粮食和物资储备科技创新研究项目成果未经允许不得翻印

1 前言

为深入贯彻落实保障国家粮食安全战略，紧扣绿色、生态、环保、节能要求，聚焦国家粮食储备安全核心职能，以绿色仓储为抓手，深入推进优质粮食工程，持续提高科学储粮水平和品质保障能力，切实提升储备粮质量，增加绿色优质粮油产品有效供给，着力推动粮食储备高质量发展，更好保障本市地方政府储备粮食质量安全，本研究以稻谷、小麦为主要研究对象，分别探究其在储藏过程中的水分、呕吐毒素等指标的变化情况，从而为绿色储粮的有效实施提供数据支撑。

2 研究内容

2.1 储存期内小麦呕吐毒素含量变化情况研究

2.1.1 研究目的和意义

脱氧雪腐镰刀菌烯醇（Deoxynivalenol, DON），俗名呕吐毒素，属于单端孢霉烯族毒素，为镰刀菌属真菌分泌的次级代谢产物。生长成熟阶段的小麦，在高温湿条件下易受镰刀菌感染，真菌汲取麦穗中营养物质，并造成麦穗麦粒表面形成霉状物，感染严重的麦粒成熟收获后呈红色或白色，称为赤霉病粒。随着赤霉病粒含量的增加，小麦中 DON 含量逐渐增大，导致小麦加工品质特性发生劣变。

本课题拟通过实验室模拟镰刀菌生长的环境条件，存放被污染程度不同的小麦（人为干预配制而成），定期进行感官评价和脱氧雪腐镰刀菌烯醇含量检测，持续追踪其品质变化情况，分析研究主要影响因素。通过上述研究，以期找到相应答案，对被污染小麦的储存管理提供技术支持，降低食品安全风险。

2.1.2 材料与方法

2.1.2.1 材料与试剂

本项目小麦样品：A 仓、B 仓、C 仓，上海某仓储公司提供。

主要试剂：甲醇，色谱纯，国药集团化学试剂有限公司；纯水，实验室自制。

2.1.2.2 仪器与设备

本项目采用的仪器设备为技术中心的实验设备，主要设备如表 1 所示。

其它试验用品：具塞锥形瓶、离心管、10mL 具塞试管、色谱瓶等。

表 1 主要仪器设备

设备名称	型号	制造商
高效液相色谱仪	LC-100	上海伍丰科学仪器有限公司
酶标仪	ST-360	上海科华实验系统有限公司
恒温恒湿箱	HWS-150	上海精宏实验设备有限公司
振荡器	HY-4	常州国华电器有限公司
离心机	L530	湖南湘仪离心机仪器有限公司
粮食水分测试磨	JSFM-II 型	中储粮成都储藏研究院有限公司
天平	PL2002	梅特勒-托利多仪器（上海）有限公司
氮吹仪	DC-12	上海科华实验系统有限公司
呕吐毒素免疫亲和柱	HCM0625B	北京华安麦科生物技术有限公司
呕吐毒素 ELISE 试剂盒	HEM0848	北京华安麦科生物技术有限公司

2.1.2.3 实验方法

1) 配制不同呕吐毒素含量梯度的小麦，进行储藏实验。呕吐毒

素含量为三个梯度，高含量、中含量以及低含量；储藏条件选取温度为 37℃，湿度为 95%的恒温恒湿箱，每隔 2w 进行呕吐毒素含量检测，并观察样品外观的变化。

2) 将呕吐毒素高含量的小麦置于三种不同环境下，进行储藏实验。储藏条件分别选取温度为 37℃、湿度为 95%的恒温恒湿箱储藏条件，每隔 2w 检测恒温恒湿箱中的小麦呕吐毒素含量； 25℃常温储藏条件、18℃空调房储藏条件，每隔 2 个月检测常温及空调房中的小麦呕吐毒素含量。

2.1.2.4 呕吐毒素检测方法

参照 GB5009.111-2016《食品安全国家标准 食品中脱氧雪腐镰刀菌烯醇及其乙酰化衍生物的测定》第二法免疫亲和层析净化高效液相色谱法和第四法酶联免疫吸附筛查法。

2.1.3 结果与分析

2.1.3.1 不同梯度小麦储藏实验

从仓储公司得到 3 个样品：A 仓、B 仓、C 仓。检测 3 个样品呕吐毒素含量，得到三个梯度的呕吐毒素，依次为 A 仓：约 400 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、B 仓：约 800 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 、C 仓：约 2500 $\mu\text{g}/\text{kg}$ 。将 3 个不同梯度的样品装袋及平铺于碗中，并放入恒温恒湿箱（温度为 37℃，湿度为 95%）中，每隔 2w 检测呕吐毒素含量。具体结果如表 2 所示、图 1~3 所示。

表 2 恒温恒湿箱储藏实验数据

时间/w	检测方法	/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)					
		A 仓-平铺	A 仓-袋装	B 仓-平铺	B 仓-袋装	C 仓-平铺	C 仓-袋装
0	酶标仪	399.3	327.53	848.62	846.21	2828.6	2365.7

		6				5	1
	液相	325.0	260.74	757.72	871.94	2157.5	2851.2
		6				3	7
	酶标仪	372.0	519.68	1185.0	884.73	2722.3	2231.9
2		7		7		0	6
	液相	250.3	450.69	971.78	869.77	2511.1	2678.1
		8				1	7
	酶标仪	301.3	588.45	981.54	891.17	2644.7	2434.2
4		7				8	1
	液相	369.1	447.66	871.94	791.27	2461.1	2443.2
		3				7	1
	酶标仪	437.6	566.67	813.77	632.31	2493.3	2544.5
6		8				1	5
	液相	554.5	483.44	718.37	738.76	2683.9	2129.4
		5				7	9
	酶标仪	437.4	597.84	866.77	724.53	2103.0	2398.9
8		3				5	8
	液相	511.4	628.36	981.57	614.69	2239.0	2269.9
		4				1	8
	酶标仪	489.5	510.23	749.63	813.01	2421.5	2305.8
10		5				6	6
	液相	437.2	500.31	710.02	801.50	2330.8	2003.5
		1				0	1
	酶标仪	602.1	513.58	943.22	725.15	1998.2	1993.1
12		2				0	5
	液相	582.2	650.19	823.26	786.36	2398.6	1879.8
		2				8	3
	酶标仪	610.7	483.73	726.36	746.81	2374.1	2136.6
14		4				5	4
	液相	578.2	552.24	801.12	753.65	1923.6	2078.7
		3				5	3
	酶标仪	491.8	592.31	741.65	942.03	2232.7	2158.9
16		1				7	1
	液相	598.5	543.30	824.18	798.84	2334.4	2171.5
		6				8	1
	酶标仪	478.6	497.31	853.15	678.61	2152.1	2159.3
18		6				5	5
	液相	502.0	441.55	800.71	778.56	2252.8	1999.9
		2				6	0
	酶标仪	523.9	495.85	901.25	781.36	2169.7	1861.6
20		0				0	6
	液相	650.8	621.37	851.64	777.91	2150.8	2097.9
		6				4	4
22	酶标仪	470.3	479.63	718.77	841.15	2211.8	2129.4

	5		9	4
液相	558.4	489.17	827.38	696.06
	7		1	0

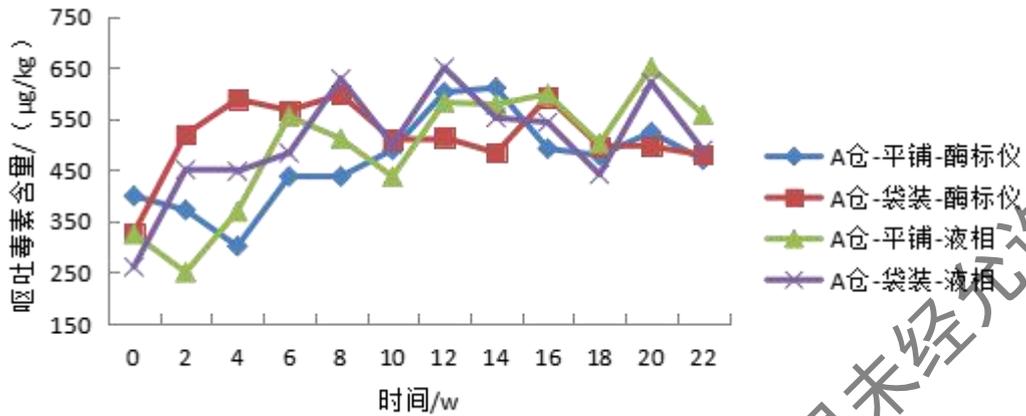


图1 恒温恒湿箱 A 仓样品实验数据

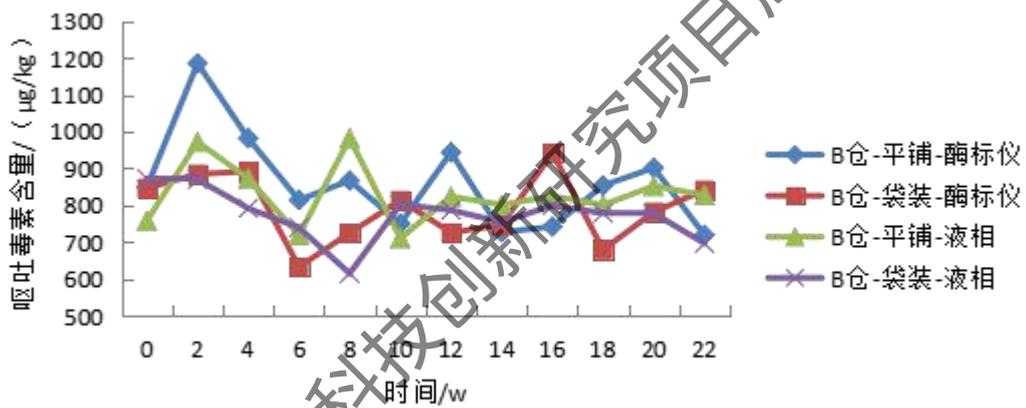


图2 恒温恒湿箱 B 仓样品实验数据

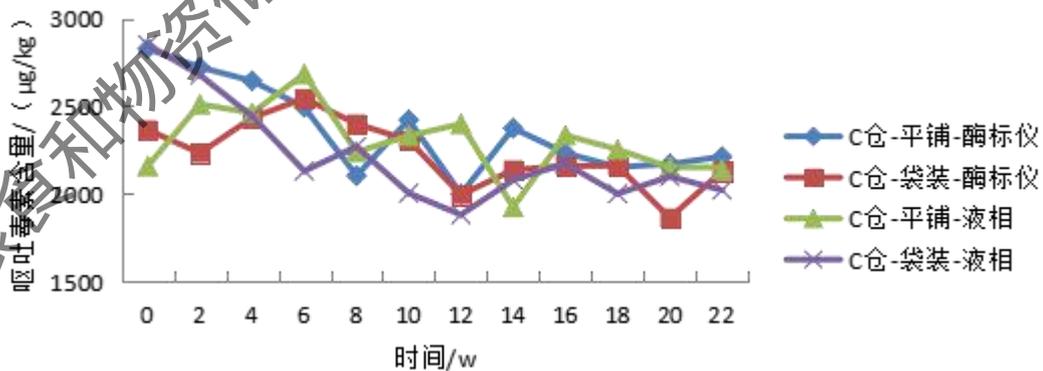


图3 恒温恒湿箱 C 仓样品实验数据

从图 1~图 3 结果显示，不同梯度样品并未有明显的突跃，都处在相应的水平位置，呕吐毒素含量未见明显变化，趋于稳定。

2.1.3.2 高含量小麦储藏实验

将呕吐毒素含量最高的小麦储藏于 3 个不同条件下, 并进行跟踪实验, 结果如表 3 所示。

表 3 高含量小麦储藏实验数据

时间 /w	检测方法	/ (μg/kg)			
		恒温恒湿箱		常温	空调房
		C 仓-平铺	C 仓-袋装	C 仓-袋装	C 仓-袋装
0	酶标仪	2828.65	2365.71	2259.31	2731.84
	液相	2157.53	2851.27	/	/
2	酶标仪	2722.30	2231.96	/	/
	液相	2511.11	2678.17	/	/
4	酶标仪	2644.78	2434.21	/	/
	液相	2461.17	2443.21	/	/
6	酶标仪	2493.31	2544.55	/	/
	液相	2683.97	2129.49	/	/
8	酶标仪	2103.05	2398.98	2454.33	2248.99
	液相	2239.01	2269.98	/	/
10	酶标仪	2421.56	2305.86	/	/
	液相	2330.80	2003.51	/	/
12	酶标仪	1998.20	1993.15	/	/
	液相	2398.68	1879.83	/	/
14	酶标仪	2374.15	2136.64	2358.55	2133.70
	液相	1923.65	2078.73	/	/
16	酶标仪	2232.77	2158.91	/	/
	液相	2334.48	2171.51	/	/
18	酶标仪	2152.15	2159.35	/	/
	液相	2252.86	1999.90	/	/
20	酶标仪	2169.70	1861.66	/	/
	液相	2150.84	2097.94	/	/
22	酶标仪	2211.89	2129.44	/	/
	液相	2140.11	2020.30	/	/
30	酶标仪	/	/	2158.12	2233.08
38	酶标仪	/	/	2019.31	2183.91
46	酶标仪	/	/	2236.85	2610.87
54	酶标仪	/	/	2632.03	2478.36
62	酶标仪	/	/	2491.80	2301.22
70	酶标仪	/	/	2285.66	2197.11

从表 3 中的结果显示, 3 个不同储藏条件下的小麦样品都未见明显变化, 结果趋于稳定。经过 22w 的跟踪实验, 恒温恒湿箱储藏条

件下的袋装样品中已生虫，如图 4 所示；平铺样品已发霉，如图 5、图 6 所示，完全成为不可使用的小麦，结束恒温恒湿箱跟踪实验。



图 4 袋装样品生虫（虫食粒）



图 5 平铺样品发霉 1



图 6 平铺样品发霉 2

常温储藏条件和空调房储藏条件下的呕吐毒素高含量的样品经过 70w 的储藏，呕吐毒素含量未见明显变化，结果趋于稳定，分析原因可能是呕吐毒素在小麦生长的时候开始累积，当小麦处于正常条件储存时，禾谷镰刀菌不再生长并分泌毒素，所以小麦呕吐毒素含量变化不大。

2.1.3 结论

通过项目研究，得到以下结论：

1) 小麦感染赤霉病会引起呕吐毒素的大量积累，是造成小麦呕吐毒素含量超标的关键因素。入库时应严格把控原粮质量，从源头确保小麦储存安全。

2) 呕吐毒素是禾谷镰刀菌在侵入小麦后，在小麦穗部产生的一种毒素，更多的会在田间污染小麦。有研究表明，只有小麦水分含量超过 17% 时，禾谷镰刀菌才能生长并分泌毒素，而在正常的储藏环境中，并不适宜禾谷镰刀菌的生长，呕吐毒素含量也不会发生显著变化，本次研究结果与前人研究结论一致。

3) 小麦在常温和低温条件下储藏过程中，其不同梯度呕吐毒素含量小麦的毒素含量均未发生显著变化，但低温储藏条件下，呕吐毒素含量变化更小，低温储藏更利于小麦的保存。

2.2 不同水分稻谷储藏实验

2.2.1 研究目的和意义

模拟仓房环境条件，研究不同储藏条件下，稻谷水分含量对稻谷储藏品质（脂肪酸值）、食用品质（食味值、硬度、粘度等）的影响，

分析稻谷水分含量与稻米品质的相关性，确定适宜的稻谷储藏水分，得出不同储藏条件下稻谷储藏风险的影响。

2.2.2 材料与amp;方法

2.2.2.1 材料与试剂

粳稻谷，南粳 9108 和银香 38。无水乙醇、氢氧化钾，分析纯；超纯水，法国 EGLA 超纯水器。

2.2.2.2 仪器与设备

STA1B 型米饭食味仪，日本佐竹机械(苏州)有限公司；PL2002 电子天平（感量 0.01 g），梅特勒-托利多仪器(上海)有限公司；鼓风干燥箱、恒温恒湿箱，上海精宏实验设备有限公司。

2.2.3 试验条件

2.2.3.1 样品准备

收集稻谷南粳 9108 不同水分样品（14.5%、15.0%、15.5%）；收集稻谷银香 38 样品，稻谷样品的水分含量仅为 13.0%，三个不同水分含量（14.5%、15.0%、15.5%）的样品为人为润稻的样品，由于稻谷样品的杂质含量较大，在润稻前进行了过筛（2.0）处理。

2.2.3.2 样品储藏

将稻谷样品储存于 1L 玻璃广口瓶进行模拟储藏试验，并储藏于 3 个不同条件下，储藏条件分别为准低温（18~20 ℃）、室温（实验室）、恒温恒湿箱（恒温 25 ℃）。定期跟踪检测稻谷水分、脂肪酸值及米饭食味值的变化情况。

2.2.3.3 水分含量测定

根据 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的方法测定水分含量。

2.2.3.4 脂肪酸值测定

根据 GB/T 20569—2006《稻谷储存品质判定规则》中附录 A 稻谷脂肪酸值测定方法执行。

2.2.3.5 米饭食味品质测定

称取 30g 大米至金属罐中，用水冲洗大米约 10s，加水至大米和水的总质量 70g，浸泡 30min，放入烧开的蒸锅，蒸 30min。蒸完的米饭搅松，盖上滤纸，放入食味仪的吹风室中吹风冷却 30min，关闭吹风，然后在室温下冷却 90min。取 8g 米饭，用压饭器压成标准饭团后，用米饭食味系统测定综合食味值、硬度黏度。

2.3 结果与分析

2.3.1 不同储藏条件下南粳 9108 样品的品质变化情况

稻谷南粳 9108 相关检测数据如表 4~6 所示。

表 4 南粳 9108 样品的水分含量变化（2021 年稻谷）

编号	储藏条件	样品编号	初始 (2022.7)	/%					
				2022.9	2022.11	2023.6	2023.8	2023.9	2023.10
1	低温	14.50%	13.70	13.50	13.60	13.40	13.02	12.98	12.86
2		15.00%	14.40	14.30	14.40	14.06	13.96	13.87	13.80
3		15.50%	15.00	15.50	15.60	14.63	14.17	13.91	14.01
4	室温	14.50%	13.70	13.60	13.80	13.30	12.83	12.56	12.23
5		15.00%	14.40	14.40	14.20	14.13	13.58	12.72	12.60
6		15.50%	15.00	15.40	15.40	14.7	13.9	14.02	14.05

					8	3		
7		14.50%	13.70	/	/	12.06	11.81	10.28 10.45
8	恒温	15.00%	14.40	/	/	13.39	13.09	12.67 12.85
9		15.50%	15.00	/	/	13.78	13.37	13.79 13.97

从表 4 中可以看出，三个储藏条件下，三个梯度水分的样品水分含量均逐渐下降，其中水分含量 14.50% 的稻谷样品水分下降最多，尤其是恒温条件，水分下降至 10.45%。准低温储藏条件下，原始水分含量 15.00% 的稻谷样品水分下降最少，但水分含量 15.00% 和 15.50% 的稻谷样品最终的水分接近，都适宜稻谷加工；而另外 2 个储藏条件下，水分含量 15.50% 的稻谷样品下降最少，水分含量 15.00% 的稻谷样品水分在 12% 左右，水分过低，加工稻谷时碎米率容易升高。

从水分变化来看，准低温条件下，15.0% 和 15.5% 两个水分条件相对较好。

表 5 南粳 9108 样品的脂肪酸值变化（2021 年稻谷）

/(mgKOH/100g)

编号	储藏条件	理论水分	初始 (2023.7)	2022.9	2022.11	2023.6	2023.8	2023.9	2023.10
1		14.50%	16.20	17.90	18.50	17.00	17.49	17.33	18.06
2	准低温	15.00%	13.00	15.70	14.90	14.36	14.58	15.42	15.71
3		15.50%	12.90	14.20	14.80	12.13	13.08	11.84	13.02
4		14.50%	16.20	18.30	18.10	18.64	20.54	22.45	23.18
5	室温	15.00%	13.00	15.70	15.20	13.29	15.84	17.51	18.22
6		15.50%	12.90	14.40	14.60	14.33	15.96	17.47	18.46
7	恒温	14.50%	16.20	/	/	23.13	24.05	23.98	24.41
8		15.00%	13.00	/	/	11.69	13.67	14.97	15.67

从表 5 中可以看出,绝大多数样品的脂肪酸值逐渐上升,而室温和恒温储藏条件下,水分含量 14.50%的稻谷样品脂肪酸值上升最多,尤其是恒温条件,从初始的 16.20 mgKOH/100 g 上升至 24.41 mgKOH/100 g。准低温储藏条件下,水分含量 15.50%的稻谷样品脂肪酸值上升最少,截止 2023 年 10 月份仅上升 0.12 mgKOH/100 g;在室温和恒温储藏条件下,水分含量 15.00%和 15.5%的稻谷样品脂肪酸值上升幅度接近。因此,从脂肪酸值变化来看,准低温条件下,15.5%水分条件储藏效果较好。

表 6 南粳 9108 样品的米饭食味值变化 (2021 年稻谷)

时间	储藏条件	理论水分	外观	食味值	硬度	黏度
2023.6	准低温	14.5%	4.5	56.3	4.11	0.57
		15.0%	4.5	56.6	3.59	0.56
		15.5%	4.5	56.6	3.59	0.55
	室温	14.5%	4.6	57.2	3.99	0.49
		15.0%	4.9	59	3.96	0.54
		15.5%	4.3	55.2	3.98	0.55
2023.8	准低温	14.5%	4	53	4.24	0.47
		15.0%	4.4	55.4	3.97	0.48
		15.5%	4.1	53.6	4.36	0.66
	室温	14.5%	4.5	55.9	5.35	0.46
		15.0%	4	52.4	4.74	0.40
		15.5%	3.8	51.4	5.10	0.44
2023.10	准低温	14.5%	3.6	50.3	4.89	0.74
		15.0%	3.6	50.9	4.10	0.51
		15.5%	4.1	54.2	4.69	0.58
	室温	14.5%	3.3	47.9	5.16	0.38
		15.0%	4	52.2	4.48	0.41
		15.5%	2.9	45.9	4.46	0.29

从表 6 中可以看出,米饭的外观和综合食味值逐步变小,而米饭的硬度逐步变硬,口感变差。由于南粳 9108 样品为 2021 年的陈稻,米饭的食味值只有 50 多分,分值偏低。从外观及食味值中可以看出,

水分含量 15.50%的稻谷样品通过实验室近半年的储藏,分值优于水分含量 14.50%及 15.00%的稻谷样品。

小结:

稻谷南粳 9108 为 2021 年的陈稻,从收获至今已经储藏约 2 年时间。稻谷由于有外层的稻壳,有效的保护内部的糙米,从而导致稻谷的脂肪酸值在不发霉及不生虫的情况下变化趋势不明显,根据 GB/T 20569—2006 《稻谷储存品质判定规则》中稻谷品质指标的脂肪酸值规定,三个不同水分的稻谷南粳 9108 样品在三种储藏条件下,均符合宜存标准。以准低温储藏条件为例,水分含量 15.00%和 15.50%的稻谷样品,经过储藏后水分下降相对较少,适宜稻谷的加工。脂肪酸值上升趋势不明显,15.5%水分样品上升幅度最小。综上所述,从 3 个储藏条件中可以看出,本次储藏实验中准低温条件的稻谷水分和脂肪酸值变化最小,其中水分含量 15.50%的稻谷样品更适宜短期储藏。

2.3.2 不同储藏条件下银香 38 样品的品质变化情况

稻谷银香 38 相关检测数据如表 7~9 所示。

表 7 银香 38 样品的水分含量数据 (2022 年稻谷)

编号	储藏条件	样品编号	初始(6月)	2023.8	2023.9	/%
						2023.10
1	准低温	14.50%	14.58	14.50	15.01	14.98
2		15.00%	14.86	14.67	14.88	14.99
3		15.50%	15.34	14.96	15.48	15.63
4	室温	14.50%	14.58	14.31	15.40	15.57
5		15.00%	14.86	14.23	15.12	14.95
6		15.50%	15.34	14.91	15.22	15.06

7		14.50%	14.58	14.31	14.57	14.40
8	恒温	15.00%	14.86	14.13	15.23	15.40
9		15.50%	15.34	14.37	14.91	15.08

表 8 银香 38 样品的脂肪酸值数据 (2022 年稻谷)

		/(mgKOH/100g)				
编号	储藏条件	样品编号	初始(6月)	2023.8	2023.9	2023.10
1		14.50%	18.9	23.46	27.82	28.09
2	准低温	15.00%	18.7	21.43	25.25	25.32
3		15.50%	17.2	18.12	18.91	19.34
4		14.50%	18.9	28.13	35.97	36.97
5	室温	15.00%	18.7	25.71	30.24	30.83
6		15.50%	17.2	27.13	38.31	39.05
7		14.50%	18.9	22.88	26.57	27.46
8	恒温	15.00%	18.7	21.40	26.40	27.11
9		15.50%	17.2	24.65	32.99	33.87

从表 8 可以看出, 润稻之后的稻谷在储藏期间脂肪酸值变化较大, 其中, 室温储存条件下的稻谷样品, 脂肪酸值的涨幅基本在 64.9%~127.0%; 相较于南粳 9108 样品, 脂肪酸值上升较多, 稻谷储藏至 10 月为止, 准低温条件下, 15.5%水分含量的样品脂肪酸值为 19.34 mgKOH/100g, 而其他两个水分含量均已超过 25mgKOH/100g, 达到国标中的轻度不宜存。室温条件下的水分含量 14.50%及水分含量 15.50%的稻谷样品脂肪酸值已超过 35 mgKOH/100g, 已达到国标中的重度不宜存。相对而言, 准低温条件下, 15.5%水分的样品储藏期间陈化速度较慢。

表 9 银香 38 样品的米饭食味值数据 (2022 年稻谷)

时间	储藏条件	理论水分	外观	食味值	硬度	黏度
2023.6	初始	14.5%	6.9	71.3	2.89	0.48
		15.0%	6.6	70.2	2.38	0.43
		15.5%	6.4	68.8	2.73	0.50

2023.8	准低温	14.5%	5.4	62.3	3.21	0.52
		15.0%	5.2	61.3	3.27	0.54
		15.5%	6.4	68.6	2.35	0.46
	室温	14.5%	6.2	66.7	3.11	0.45
		15.0%	6.3	67.7	3.25	0.53
2023.10	准低温	15.5%	6.4	68.4	2.64	0.39
		14.5%	5.6	63.6	3.02	0.51
		15.0%	5.3	61.7	3.87	0.60
	室温	15.5%	5.1	60.7	3.00	0.47
		14.5%	5	59	2.77	0.42
		15.0%	5.4	62	3.21	0.44
		15.5%	5.3	60.9	3.03	0.50

银香 38 稻谷为去年新稻，但此样品为润稻样品，8 月进行取样时发现，通过润稻的样品有米象出现，可能原因为通过人为的添加水使稻谷湿润的同时，刺激了稻谷中的虫卵，导致米象提前进入成虫期，室温样品的米象较准低温多且活动能力强。从表 7、表 8 可以看出，润稻之后的稻谷在储藏期间脂肪酸值变化较大，其中，室温储存条件下的稻谷样品，脂肪酸值的涨幅基本在 64.9%~127.0%；相较于南粳 9108 样品，水分含量变化下降较少，并有部分样品的水分含量有所上升，但脂肪酸值上升较多，稻谷储藏至 10 月为止，室温条件下的水分含量 14.5% 及水分含量 15.5% 的稻谷样品脂肪酸值已超过 35 mgKOH/100g，已达到国标中的重度不宜存。

从表 9 中所示，银香 38 作为 2022 年的新稻，外观及食味值分值较高，但在整个储藏期间内，可以看出米饭的外观和综合食味值下降明显，米饭的硬度逐步变硬，口感变差。

稻谷银香 38 样品是 2022 年 11 月初收获，但由于进行了人为的润稻，导致其水分含量和脂肪酸值的变化大于烘干至相应水分含量的稻谷；润稻后储藏 3 个月已有部分样品已经属于轻度不宜存（25

mgKOH/100g 至 35 mgKOH/100g 之间) 的状态。从而可以看出润稻的样品可能会影响稻谷中的虫卵，加速虫卵的孵化，并且其脂肪酸值上升趋势较明显；而米虫的出现会增加稻谷虫蚀粒的风险，随着储藏时间的增长，不可食用的稻谷会增加。

2.4 结论

通过 3 个不同条件的储藏试验，得出室温条件下的稻谷样品水分含量下降最多，脂肪酸值上升最多，准低温条件下的稻谷样品变化最小；在准低温条件下，水分含量 15.5% 的稻谷样品水分含量及脂肪酸值变化最小。通过本次研究发现，准低温的储藏条件及水分含量 15.5% 的稻谷最适宜短期储藏，相对其他条件而言储藏时间更长。

2.5 实仓调研数据

上海乐惠米业有限公司是光明农业发展（集团）有限公司旗下的专业稻谷地方储备、大米产销企业，由于其采用存储+加工模式，且稻谷存储条件皆为准低温储存，常年温度在 20℃ 以下，其稻谷的实仓数据具有一定的代表性。

其中表 10~12 分别为 2022 年两批稻谷的相关数据，其中南粳 9108 入库水分含量为 14.5%，最后一批出库储存周期为 8 个月，南粳 46 入库水分含量为 14.8%，最后一批出库储存周期为 11 个月。

表 10 2022 年入库稻谷南粳 9108 水分含量、大米食味值变化情况

仓位	稻谷品种	指标	入库时间		出库时间	
			2022.11.25	2023.6.13	2023.7.17	2023.07.23
541-4	南粳 9108	水分含量	14.5%	14.6%	14.4%	14.5%
		大	74	74	70	74

		米食味值				
--	--	------	--	--	--	--

表 11 2022 年入库稻谷南粳 46 水分含量、大米食味值变化情况

仓位	稻谷品种	指标	入库时间		出库时间	
			2022.11.16	2023.8.31	2023.9.17	2023.10.06
541-1	南粳 46	水分含量	14.8%	14.6%	14.1%	14.2%
		大米食味值	79	78	77	80

表 12 稻谷南粳 9108、南粳 46 出入仓理化指标变化情况

稻谷品种	时间点	出糙率%	整粳米率%	黄粒米含量%	谷外糙含量%	互混率%	色泽、气味
南粳 9108	入库 2022.11.25	81.6	69.64	0.27	1.69	2.48	正常
	出库 2023.07.23	82.4	66.80	0.54	1.85	4.74	正常
南粳 46	入库 2022.11.16	81.2	59.6	0.18	1.92	0.36	正常
	出库 2023.10.06	80.9	66.3	0.33	1.92	0.59	正常

以上数据表明，入库水分含量为 14.5%、15.0%左右的稻谷，在准低温条件下储存 8~11 个月，不论水分含量、口感，还是加工性能，都没有发生显著性变化，既符合宜储的条件，也符合大米加工的要求。

由于实仓数据是根据生产加工实际需要产生的，未进行极限值（水分含量、储存时间）的跟踪与摸索，故若具备条件，可进行进一步的实仓验证。