



兰静. 稻谷储藏损失来源及其影响因素[J]. 黑龙江农业科学, 2019(11):115-118.

稻谷储藏损失来源及其影响因素

兰 静^{1,2}

(1. 黑龙江省农业科学院 农产品质量安全研究所, 黑龙江 哈尔滨 150086; 2. 农业农村部农产品质量安全风险评估实验室(哈尔滨), 黑龙江 哈尔滨 150086)

摘要:稻谷是粮食中不耐储藏的品种之一。稻谷储藏损失受品种类型、水分含量、环境条件(温度、湿度)、储藏装具、储藏时间等多种因素影响较大。稻谷如果储藏不当,会导致稻谷数量减少和品质的下降,尤其是米饭食味值降低,严重影响大米食用价值。本文重点讨论稻谷储藏损失来源,提出减少稻谷储藏损失的对策,为稻谷科学储藏提供科学依据。

关键词:稻谷;储藏损失;来源;影响因素

粮食的储藏条件对粮食储藏品质和数量损失有着直接的影响。我国粮食储存期较长,一般为3~5 a。近年来粮食价格始终徘徊较低价位,销售越来越困难,粮食流通缓慢,储存期延长,导致霉变、陈化、生虫、发热、结露等各种损失产生。

稻谷在所有粮食中属于不耐储藏品种之一,储藏1年的稻谷水分降低1%左右,品质表现为

胞壁变厚、蛋白质分解、直链淀粉含量升高、支链淀粉含量下降、游离脂肪酸含量升高及硫基含量下降等化学成分发生变化^[1-4]。稻谷储藏损失影响因素主要包括储藏稻谷数量、储藏环境条件、储藏时间、储藏期间管理水平等。

影响储藏稻谷的环境条件主要有储藏温度和湿度。高温低水分稻谷籽粒,粮堆湿度小;低温高水分部位,湿度大。高相对湿度环境主要影响储藏稻谷表层的微生物活动。粮层对湿度的扩散有显著的阻挡作用。储藏21 d的稻谷,相对湿度低于90%,温度在30℃时,0.25 m粮层以下稻谷微生物活动并不明显^[5]。

收稿日期:2019-05-29

基金项目:国家重点研发计划项目粮食丰产增效科技创新重点专项(2018YFD0300107-5)。

作者简介:兰静(1968-),女,硕士,研究员,从事农产品质量安全品质评价与风险评估工作。E-mail:15004681709@163.com。

Determination of 17 Mycotoxins in Maize by QuEChERS-ultra High Performance Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry

JIANG Tao¹, ZHAO Lin², LAN Jing², QIAN Lei¹, WANG Bing², JIA Wen-jing², ZHANG Rui-ying²

(1. Department of Food and Environmental, East University of Heilongjiang, Harbin 150066, China; 2. Institute of Agricultural Product Quality and Safety, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Laboratory of Agricultural Product Quality and Safety Risk Assessment, Ministry of Agriculture and Rural Agriculture, Harbin 150086, China)

Abstract: In order to improve the method of food safety monitoring in China, QuEChERS purification method combined with ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry (UPLC-MS/MS) was used to detect mycotoxins in maize, and a method for determination of 17 mycotoxins in maize was established. The results showed that the linear correlation coefficient (R^2) of 17 toxins was not less than 0.994, the detection limit was 0.1~20.0 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, the recoveries were 70.76%~115.14%, and the relative standard deviation was 2.21%~11.34%. The method has the advantages of fast, accurate, high extraction efficiency, good purification effect, high recovery rate, accuracy and sensitivity, and the method can be applied to the rapid detection of 17 mycotoxins in maize and food.

Keywords: mycotoxins; QuEChERS; ultra performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry; maize; food

我国粮食害虫和霉菌的为害是威胁粮食储藏安全、造成粮食损失的主要因素,每年因储粮虫霉造成的损失高达 200 亿~300 亿元,挽回这些粮食损失就相当于开垦了数十万公顷“无形良田”。有害生物通过微生物分泌出酶将稻谷中的营养物质分解,引起稻谷品质下降,是影响稻谷储藏损失及品质下降的重要因素。澳大利亚从分子生物学、害虫生态学、种群动力学等方面研究害虫防治技术,已从谷蠹和赤拟谷盗的染色体中鉴定出抗性基因调控片段,有望通过基因表达调控靶向进而调控储藏害虫发生发展。

我国粮食仓容已经超过 3 亿 t,高大平房仓、浅圆仓、立筒仓为主流库型,单仓容量达 5 000~30 000 t,其中高大平房仓占总仓型的 80%以上。我国近年加大了粮库设施设备的改造升级,机械通风、环流熏蒸、谷物冷却、粮情监测方面取得了长足的进展。但是,当前稻谷储藏设施设备升顶结露、虫霉污染、呼吸氧化品质劣变、机械通风失水等是影响稻谷储藏损失的直接因素。

稻谷混杂收储,品质不一,储藏技术与稻谷加工环节脱节严重,基于不同生态区、稻谷种类(籼、粳稻)、品种、质量、等级、规格的储藏多元防控关键技术严重缺乏,是影响稻谷储藏损失的间接影响因素。加拿大在储粮生态研究上处于国际领先地位,首次提出粮食、害虫、微生物及仓结构生态系统。

1 稻谷储藏期间品质变化

稻谷从收获到消费者手中需要储藏一定时间,储藏期间环境条件对稻谷品质变化影响较大。稻谷主要成分淀粉占胚乳 80%以上;其次蛋白质占 6.0%~15.7%^[6];脂肪占 2.2%~3.8%^[7];其他矿物质等约占 0.5%~1.0%。稻谷储藏过程中多以脂肪变化较快,淀粉其次,蛋白质变化很微弱。

稻谷质量对稻谷储藏损失也有较大影响。稻谷成熟度、收获时期、水分含量、稻谷品种等均与储藏损失密切相关。控制稻谷成熟度、收获时期和水分,完全成熟的稻谷水分含量高于 17%时,采取低温烘干再入库储藏,不具备烘干能力的及时晾晒确保储藏稻谷水分在 14.5%以下。糙米含水量高于 14.4%时,适于霉菌生长;含水量低于 12.8%时霉菌不生长。可见,含水量是影响稻谷常温储藏损失的关键因素^[8]。

1.1 脂肪的变化

稻谷中脂肪含量虽不高,但是在环境条件适宜时,稻谷中产生的霉菌分泌出脂肪酶水解脂肪,产生游离脂肪酸,使稻谷中脂肪酸增多,加速稻谷陈化酸败。李娟、张玉荣等^[9-10]研究表明,不同品种稻谷在储藏期内的变化规律不同,其开始进入脂肪氧化不同阶段的时间不同,若单纯以脂肪酸值为判定指标,不同稻谷品种间差异非常明显。稻谷脂肪酸值随着储藏时间的延长而增大,且受储藏条件的影响较大,良好的储藏条件能延缓脂肪酸值的增加速度。脂肪酸值用于某些单一品种稻谷新陈度的判定是可行的^[11-13]。相关研究表明,5℃低温储藏 1 年糙米的脂肪含量变化不大;35℃高温储藏 1 年,其游离脂肪酸含量明显升高^[14]。尤其当环境湿度大于 90%时,储藏稻谷品质受到显著影响^[15]。

1.2 淀粉的变化

淀粉是稻谷的主要成分,占胚乳重量的 80%以上,是决定大米蒸煮品质的主要因素。稻谷储藏过程中由于稻谷品种、成熟度、含水量以及储藏温度、湿度、时间等不同,淀粉变化复杂多样。

刘成梅等^[16]以谷蛋白、大米淀粉为材料,采用紫外及荧光分析方法研究大米陈化过程中淀粉和谷蛋白的相互作用,分析表明,淀粉对陈化大米谷蛋白的三级结构起到了破坏作用,使色氨酸和酪氨酸残基周围微环境发生改变,同时蛋白质分子与淀粉相互缔合,且随着陈化的进行愈加紧密。由于淀粉吸水糊化和多糖游离析出受阻,陈化大米蒸煮后粘度降低、硬度升高^[17]。

1.2.1 直链淀粉含量与结构 早期研究认为直链淀粉含量对稻米蒸煮食味品质影响较大,主要与米饭吸水特性、外观结构、粘弹性、口感和光泽密切相关^[18-24]。但是通过水稻品种不同储藏时间其稻米直链淀粉含量测定发现,在储藏过程中直链淀粉总含量基本不变^[25-26]。大量研究发现,直链淀粉含量相近的不同稻米品种其食味评分差异较大。说明直链淀粉的分子结构对淀粉的陈化特性有很大影响。

相关研究表明,稻谷储藏过程中,直链淀粉的老化速度及其结晶性随其自身链长不同而异。直链淀粉的分子各链交错密集在一起,其螺旋状结构中所含的脂肪对淀粉的糊化有很大影响。不溶性直链淀粉含量的增加,使稻米蒸煮品质明显

劣变^[27]。

1.2.2 支链淀粉含量 通常认为,支链淀粉含量与米饭甜味和粘性有关,支链淀粉含量越高,米饭糯性越好。在稻米储藏过程中,支链淀粉在脱支酶的作用下,其最长链组分含量降低,部分脱支,可能变成了比原来小得多的支链分子或是无色糊精,使总支链淀粉的含量下降。导致米饭粘度下降^[28-31]。

1.2.3 蛋白质的变化 稻谷蛋白质含量虽不高,约 6.0%~15.7%,但稻谷储藏过程中,其蛋白质含量和结构在适合的条件下易水解和发生结构改变。如游离氨基酸上升,空间结构松散,非极性基外露,亲水基内藏,蛋白质由溶胶变为凝胶,溶解度降低,发生酸败和霉变等。

Hamaker 等^[32]通过破坏大米蛋白质的二硫键观察大米的流变学特性,发现二硫键破坏后米饭的粘性提高;Hamaker 等^[33]报道陈化过程中大米蛋白总量基本不变,在光、热等作用下蛋白质巯基逐渐氧化成二硫键;Likitwattanasade 等^[34]报道陈化过程中蛋白质与淀粉的相互作用和二硫键的变化会影响大米糊化性质。

2 影响稻谷陈化的因素及减缓陈化的方法

稻谷储藏粮堆的温度和湿度是影响稻谷储存品质的主要因素。温度高,稻谷呼吸速度加快,加速营养物质分解;过高的温度使蛋白质凝固变性。稻谷含水量越高,微生物繁殖越快,稻谷越容易霉变。高温、高湿加速稻谷陈化过程,温度每降 5~10℃,水分每降 1%,储藏时间可延长一倍。

2.1 谷堆中的杂质

谷堆中的杂质是引起稻谷霉变的主要介质,影响稻谷储藏稳定性。杂质数量和种类越多,稻谷越容易陈化。如草子类杂质由于体积较小,但胚占整籽粒面积较大,过多的草子使稻谷产生大量的水分和热量;其他无机杂质如水稻叶片、灰尘、粉屑类等杂质易携带大量的霉菌、螨、害虫等引起稻谷生虫、霉变,导致稻谷品质下降和重量损失。

2.2 谷堆中的微生物和病虫害

谷堆中的微生物主要是霉菌,可分解有机物或植物性物质。霉菌只在特定的环境条件下才会产生霉菌毒素,如黄曲霉毒素 B₁、呕吐毒素 DON 等。有的霉菌孢子还是害虫的可口食物。因此,

谷堆中微生物在适合的温、湿度条件下,加速稻谷霉变和品质劣变。

糙米储藏中主要害虫包括米象、小扁虫甲、赤拟谷盗、锯谷盗等。其幼虫可蛀空米粒内部胚部分,使糙米发生霉变,造成糙米的品质下降,给糙米储藏带来巨大的损失^[35]。

2.3 谷堆中的气体成分

谷堆中的气体成分对稻谷储藏品质影响较大。霉菌属于好氧型真菌,氧气充足快速生长繁殖,没有氧气生长停滞。澳大利亚、法国、美国和印尼等国家已确认气调对粮食生理、生物学、品质保持以及控虫、防霉等方面具有明显调控效应。当稻谷在安全水分条件下,谷堆中氧气浓度下降,二氧化碳浓度上升,能减缓稻谷内部营养物质的分解,减缓稻谷陈化速度。

3 减缓粮食陈化速度的方法

一是严格控制稻谷入仓质量关,是减缓稻谷陈化速度的前提条件。入仓稻谷需经过晾晒或干燥将稻谷水分降到标准水分,稻谷水分应控制在 14.5%以下;二是稻谷最好在水泥晒场进行晾晒,减少杂质含量,杂质总量控制在 0.5%以下;三是控制储藏稻谷温度,勤翻动,防止谷堆发热霉变,定期用温度计测定谷堆温度;四是仓储稻谷需要对谷仓进行加固处理。吊双层顶棚、贴墙体隔热板、地面防潮保护膜、防渗层的改造、门窗密闭强、加挂棉帘、隔热好;五是稻谷入仓前先消毒;设置防虫线、防鼠板、防雀网,防止虫、鼠、雀的危害。

参考文献:

- [1] 姚惠源,钱海峰.大米陈化及米质调理[J].粮食与饲料工业,1998(6):9-11.
- [2] 甘智林.胞壁与稻米的陈化[J].郑州粮食学院学报,1986,26(1):70-77.
- [3] 邱明发,金铁成,周瑞芳,等.米谷蛋白与淀粉组分在大米陈化过程中的变化[J].中国粮油学报,1998,13(1):12-15.
- [4] 尹阳阳,卞科,魏红艳.稻谷储藏过程中硫基与质构特性的关系[J].农产品加工,2010(6):71-73.
- [5] 田海娟,蔡静平,黄淑霞,等.稻谷储藏中温湿度变化与微生物活动相关性的研究[J].粮食储藏,2016,35(4):40-42.
- [6] 陈能,罗玉坤,谢黎虹,等.我国水稻品种的蛋白质含量及与米质的相关性研究[J].作物学报,2006,32(8):1193-1196.
- [7] 于永红,周鹏,段彬伍,等.水稻脂肪含量分布及与食味品质的相关性分析[J].浙江农业科学,2007(6):669-671.
- [8] Genkawa T, Uchino T, Inoue A, et al. Development of a low-moisture-content storage system for brown rice: Storability at decreased moisture contents[J]. Biosystems Engineering, 2008, 99(4): 515-522.

- [9] 李娟,李忠海,付湘晋,等.不同品种稻谷储藏期间品质变化的研究[J].食品与机械,2012,28(1):197-199.
- [10] 张玉荣,王东华,周显青,等.稻谷新陈度的研究-稻谷储藏品质指标与储藏时间的关系[J].粮食与饲料工业,2003(8):8-10.
- [11] 金建德,任动,应玲红,等.不同温度储藏条件稻谷脂肪酸值变化规律初探[J].粮食科技与经济,2010(1):38-40.
- [12] 申军.大米陈化过程中脂肪成分变化规律研究[J].农业科技与装备,2015(6):50-52.
- [13] 刘英.陈化稻米品质的研究[J].粮食与饲料工业,2004(12):1-3,9.
- [14] Shin M G, Yoon S H, Rhee J S, et al. Correlation between oxidative deterioration of unsaturated lipid and n-Hexanal during storage of brown rice[J]. Journal of Food Science, 1986, 51(2):460-463.
- [15] 董春.浅析影响稻谷储藏的因素[J].黑龙江粮食,2014(6):50-51.
- [16] 刘成梅,徐梦涵,钟业俊,等.陈化进程中大米淀粉与谷蛋白的相互作用[J].食品工业科技,2016(2):156-159,169.
- [17] 赵学伟,卞科,王金水,等.蛋白质与淀粉的相互作用对陈化稻米质构特性的影响[J].郑州粮食学院学报,1998,19(3):23-29.
- [18] Zhou Z, Robards K, Helliwell S, et al. Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes[J]. Journal of Cereal Science, 2002, 35(1):65-78.
- [19] Juliano B O. Criteria and tests for rice grain qualities[M]. Rice Chemistry and Technology, 1985:443-524.
- [20] Juliano B O. The chemical basis of rice grain quality[M]. Proc. Workshop on Chemical Aspects of Rice Grain Quality, 1979: 69-90.
- [21] Webb B D. Criteria of rice quality in the United States[M]. Rice Chemistry and Technology, 1985:403-442.
- [22] Lii C Y, Tsai M L, Tseng K H. Effect of amylose content on the rheological property of rice starch[J]. Cereal Chemistry, 1996, 73(4):415-420.
- [23] Delwiche S R. Quality characteristics in rice by near-infrared reflectance analysis of whole-grain milled samples[J]. Cereal Chemistry, 1996, 73:257-263.
- [24] Juliano B O. A simplified assay for milled-rice amylase[J]. Cereal Science Today, 1971, 16:334-340, 360.
- [25] 莱恒龙,周瑞芳.稻米中的普鲁兰酶与不溶性直链淀粉的关系[J].郑州粮食学院学报,1992(4):1-9.
- [26] 陈业坚,舒庆尧,张增勤,等.不同贮藏时间与种植季节对稻米品质的影响[J].浙江农业学报,2002,14(1):20-23.
- [27] 王金水,赵友梅,卞科.不溶性直链淀粉与储藏稻米质构特性的关系[J].中国粮油学报,2000,15(4):5-8.
- [28] 李永红,周瑞芳,郑铁松,等.稻米脱支酶对淀粉结构与性质的影响[J].粮食储藏,1996,25(2):20-25.
- [29] 闫清平,朱永义.稻米淀粉、蛋白质与其食用品质[J].粮食与油脂,2001(5):29-32.
- [30] 钱海峰,陈玉铭.稻米陈化过程中淀粉性质变化研究[J].粮食与饲料工业,2001(11):12-14.
- [31] 唐为民,呼玉山.稻米陈化对品质的影响及陈化机理[J].中国食物与营养,2004(4):7-10.
- [32] Hamaker B R, Griffin V K. Changing the viscoelastic properties of cooked rice through protein disruption[J]. Cereal Chemistry, 1990, 67(3):261-264.
- [33] Hamaker B R, Griffin V K. Effect of disulfide bond-containing protein on rice starch gelatinization and pasting[J]. Chemistry, 1993, 70(4):377-380.
- [34] Likitwattanasade T, Hongprabhas P. Effect of storage proteins on pasting properties and microstructure of Thai rice[J]. Food Research International, 2010, 43(5):1402-1409.
- [35] Hill D S. Pests of stored products and their control[J]. New Phytologist, 1991(3):361.

Source of Rice Storage Loss and Its Influencing Factors

LAN Jing^{1,2}

(1. Agricultural Products Quality and Safety Research Institute, Heilongjiang Academy of Agricultural Sciences, Harbin 150086, China; 2. Agricultural Products Quality and Safety Risk Assessment Laboratory (Harbin), Harbin 150086, China)

Abstract: Rice is one of the varieties that can not be stored in grain. The storage loss of rice is greatly affected by variety type, moisture content, environmental conditions (temperature, humidity), storage equipment, storage time and other factors. If the rice is stored improperly, the quantity and quality of rice will decrease, especially the taste value, which will seriously affect the value of rice. This paper focused on the source of rice storage loss, and put forward the countermeasures to reduce the loss of rice storage, so as to provide a scientific basis for the scientific storage of rice.

Keywords: rice; storage loss; source; influencing factors