

方宝庆,葛志文,高瑀琰,等.不同储藏时间稻谷在粮仓不同位置的品质及霉菌差异分析[J].江苏农业科学,2018,46(10):195-199.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.10.050

不同储藏时间稻谷在粮仓不同位置的品质及霉菌差异分析

方宝庆,葛志文,高瑀琰,周建新,奚 萌,邱伟芬

(南京财经大学食品科学与工程学院/江苏省现代粮食流通与安全协同创新中心/江苏高校粮油质量安全控制及深加工重点实验室,江苏南京 210023)

摘要:选取湖南长沙和湖北襄阳 2 地 7 个仓库的稻谷,采用国家标准方法,测定稻谷粮堆不同位置稻谷的水分活度、脂肪酸值和霉菌量,对比分析它们的差异。试验结果显示,稻谷的水分活度与储藏时间没有特定联系;脂肪酸值随储藏时间增加而升高;霉菌量则是先减少后增加;春夏交替季节粮堆上层稻谷的水分活度显著低于中下层,冬季粮堆上层稻谷的水分活度显著高于中下层(除湖南省 2016 年入库的);粮堆上层稻谷脂肪酸值高于中下层;粮堆上层稻谷霉菌量低于中下层(除湖南省 2016 年入库的);粮堆不同方位稻谷的水分活度、脂肪酸值、霉菌量均有一定差异;霉菌量和脂肪酸值均与水分活度有一定相关性,霉菌量与脂肪酸值基本上无显著的相关性

关键词:稻谷;位置;水分活度;脂肪酸;霉菌

中图分类号: TS210.1;TS205 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2018)10-0195-04

稻谷是我国主要的粮食作物,1978—2016 年,我国稻谷产量从 13 693 万 t 增至 20 693 万 t^[1]。稻谷产量在不断增加,但稻谷储藏过程中其损耗依然是我国粮食储藏的棘手问题^[2-3]。稻谷霉变造成的损失在粮食储藏过程中仅次于虫害。稻谷霉变不仅造成粮食损失,而且某些霉菌毒素还对人体造成威胁^[4-6]。稻谷的储藏不当易导致稻谷的霉变^[7],而霉变的主要因素之一就是真菌污染^[8]。殷蔚中等对我国稻谷真菌区系进行调查,共分离鉴定出真菌 30 属、84 种^[9]。国外研究学者也证实污染稻谷的真菌主要是曲霉、青霉、镰刀菌^[10-14]。霉菌主要分布在谷粒表面及表层^[15],测定稻谷外部带菌量可以反映稻谷受霉菌污染的情况。稻谷储藏过程中的品质下降也是引起粮食问题的一个重要原因。稻谷储藏期间,受到诸如水分、霉菌等因素的影响,导致稻谷品质降低,甚至失去食用价值^[16]。稻谷的脂肪酸值是分析稻谷品质的重要指标之一^[17]。稻谷脂肪酸的测定能有效地判断稻谷品质的变化情况,反映其代谢程度并推断其储藏条件是否是适当^[18-19]。周建新等通过模拟储藏试验发现,在高湿条件下,稻谷脂肪酸值与霉菌量有极显著的二次线性关系,脂肪酸值随霉菌量的增加逐渐升高^[20]。

稻谷的水分活度不仅能够反映稻谷水分情况,而且可以揭示稻谷质量变化和微生物活动与水分之间的关系^[21]。稻谷水分活度的测定能更好地判断和预测稻谷储藏状态。

不同地区种植的稻谷品种不同,气候及储藏条件也不一

致,会导致粮堆不同位置的稻谷品质与微生物污染情况各有差别。国内外对于稻谷粮堆不同位置稻谷品质及微生物污染情况的差异研究报道很少。高大平房仓是我国稻谷储存的主要仓型之一^[22]。因此,研究高大平房仓内粮堆不同位置稻谷品质及微生物污染情况的差异,对我国的稻谷储藏有重要意义。本试验选取湖南长沙、湖北襄阳 2 地的仓储稻谷进行试验。湖南省、湖北省为我国稻谷的主产区,2 省的稻谷年产量在全国排名分别位列第 1、第 5,2 地气候均潮湿多雨,仓储稻谷易发霉。研究这湖南省、湖北省稻谷储藏具有较大的实际意义。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

1.1.1 主要仪器 GNP9160 型隔水式恒温培养箱,上海精宏实验设备有限公司;SX500 快速自动高压灭菌仪,日本 TOMY Digital Biology;SF-CF-2A 超净工作台,郑州南北仪器设备有限公司;VOSHIN-600R 无菌均质机,无锡沃信仪器有限公司;LabSwift-aw 水分活度测定仪,瑞士 Novasina;101-3A 电热鼓风干燥机,上海苏进仪器设备有限公司;FW100 高速万能粉碎机,天津泰斯特仪器有限公司;WH30 旋转培养器,金坛市维诚实验器材厂;sc3616 低速离心机,安徽中科中佳科学仪器有限公司。

1.1.2 试验材料 本试验使用的稻谷样品分别采自湖南省长沙市、湖北省襄阳市。湖南长沙开慧库的 4 个粮仓的稻谷样品,分别为 2016、2015、2014 年入库的早籼稻和 2015 年入库的晚籼稻(2016 年入库的稻谷为刚入库的稻谷),采样时间为 2017 年 1 月 6 日。湖北襄阳襄东库的 3 个粮仓的稻谷样品,分别为 2016、2015、2014 年入库的晚籼稻,采样时间为 2017 年 5 月 11 日。将湖南长沙 2014、2015、2016 年入库的早籼稻分别标记为 HN14Z、HN15Z、HN16Z,2015 年入库的晚籼稻标记为 HN15W;将湖北襄阳 2014、2015、2016 年入库的晚

收稿日期:2018-01-20

基金项目:国家重点研发计划食品专项(编号:2016YFD0401003);江苏高校优势学科建设工程(PAPD)。

作者简介:方宝庆(1993—),男,浙江义乌人,硕士研究生,研究方向为粮食储藏。E-mail:baopingfang233@163.com。

通信作者:邱伟芬,博士,教授,研究方向为粮食质量与安全。E-mail:weifenqiu711@163.com。

籼稻分别标记为 HB14W、HB15W、HN16W。

1.1.3 采样方法 稻谷样品采样方法为 3 层 5 点法分层分点采样,每个点采集 300 g 样品。粮堆高为 5 m,距粮堆表面 0.5 m 处采集的样品为上层样品,距粮堆表面 2.5 m 处采集的样品为中层样品,距粮堆表面 4.5 m 处采集的样品为下层样品,共计 3 层。选取粮堆东南、东北、中央、西南、西北共 5 个点,于距离两边墙壁均 1 m 处采样。每个粮仓采样后,将每一层的 5 个样品各取 30 g 混合作为该层的样品,分别取上、中、下 3 层的样品。用同样方法得到东南、东北、中央、西南、西北 5 个方位的样品与整个粮仓的混样。

1.1.4 试验试剂 乙醇、氢氧化钠、酚酞均为分析纯,购自国药集团化学试剂有限公司;马铃薯葡萄糖琼脂,购自上海博微生物科技有限公司。

1.2 试验方法

水分活度用水分活度仪测定,称取 2 g 稻谷样品,放入 LabSwift - aw 水分活度测定仪进行测定;稻谷脂肪酸值测定依据 B/T 15684—2015《谷物碾磨制品 脂肪酸值的测定》,以中和 100 g 粮食试样中游离脂肪酸所需氢氧化钾的量来表示;霉菌量测定依据 GB 478915—2010《食品安全国家标准 食品微生物学检验 霉菌和酵母计数》。

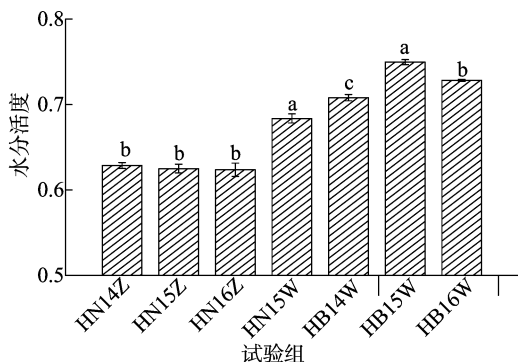
1.3 数据处理

试验数据采用 IBM SPSS Statistics 22 进行分析处理。采用 Origin 8.5 作图。

2 结果与分析

2.1 粮堆不同位置稻谷水分活度

2.1.1 粮堆不同深度稻谷及混样的水分活度 从图 1、图 2 可以看出,除 2016 年入库的早籼稻,湖南其他 3 个粮仓的粮堆上层稻谷的水分活度分别为 0.710、0.681、0.709,均显著高于中下层(图 2),同时也高于混样。湖北 3 个粮仓粮堆上层稻谷的水分活度分别为 0.691、0.738、0.690,均显著低于中下层,同时也低于混样。

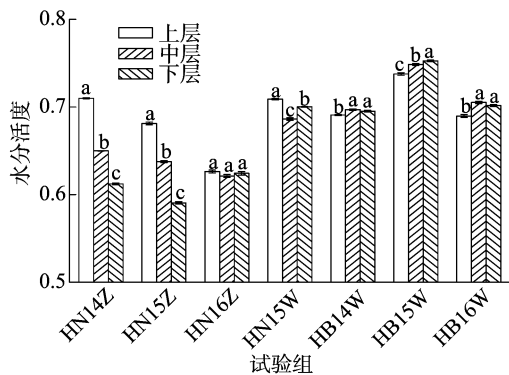


图中不同小写字母表示同一地区不同样品间差异显著 ($P<0.05$)。图4、图7同

图1 稻谷混样的水分活度比较

2.1.2 粮堆不同方位稻谷的水分活度 从图3可以看出,除2016年入库的早籼稻,湖南其他3个粮仓中,2014、2015年入库的早籼稻东南和中央方位的稻谷的水分活度均显著高于其他方位,仅2015年入库的晚籼稻粮堆的东南方位稻谷的水分活度显著低于西南方位。湖北省3个粮仓中,2014年入库的晚籼稻、2016年入库的晚籼稻的粮堆东南方位和西南方位的

稻谷的水分活度明显低于其他方位。仅有2015年入库的晚籼稻粮堆东南方位和西南方位稻谷的水分活度与中央稻谷的水分活度相近,且均显著低于东北方位和西北方位。



同一深度不同采样方法间标有不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。图3、图5、图6、图8、图9同

图2 粮堆不同深度稻谷的水分活度比较

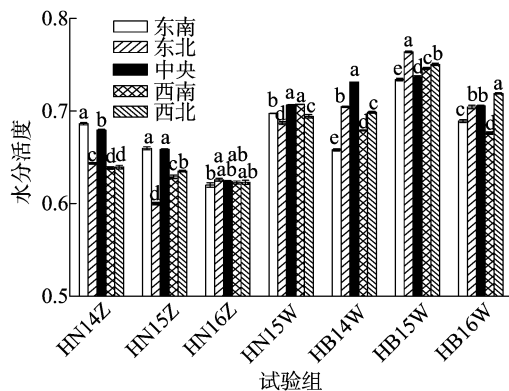


图3 粮堆不同方位稻谷的水分活度比较

2.2 粮堆不同位置稻谷脂肪酸值

2.2.1 粮堆不同深度稻谷及混样的脂肪酸值 从图4、图5可以看出,除了2016年入库的早籼稻,湖南省其他3个粮仓中,2014年入库的早籼稻粮堆上层稻谷的脂肪酸值约为65 mg KOH/100 g,高于中层,显著高于下层;2015年入库的早籼稻粮堆上层稻谷的脂肪酸值为62.01 mg KOH/100 g,显著高于中下层;2015年入库的晚籼稻脂肪酸值为47.66 mg KOH/100 g,与中下层差异不显著。湖北省的3个粮仓中,2014、2015年入库的晚籼稻粮堆上层稻谷的脂肪酸值分别达到了40.44、29.87 mg KOH/100 g,均显著高于中下层;2016年入库的晚籼稻粮堆上层稻谷的脂肪酸值为25.04 mg KOH/100 g,与中下层虽差异不显著,但比中层、下层分别高0.98、0.04 mg KOH/100 g。

2.2.2 粮堆不同方位稻谷的脂肪酸值 从图6可以看出,湖南省2014、2015年入库的早籼稻粮堆西南方位和西北方位稻谷的脂肪酸值较高,显著高于其他方位。湖北省2014、2015年入库的晚籼稻粮堆东南方位稻谷的脂肪酸值较高,分别达到34.73、32.91 mg KOH/100 g,均显著高于混样。7个粮仓中,除了湖南省2016年入库的早籼稻、湖北省2015年入库的晚籼稻,其他粮仓的粮堆中央稻谷的脂肪酸值均低于混样。

2.3 粮堆不同位置稻谷霉菌量

2.3.1 粮堆不同层次稻谷及混样的霉菌量 除了湖南省2016

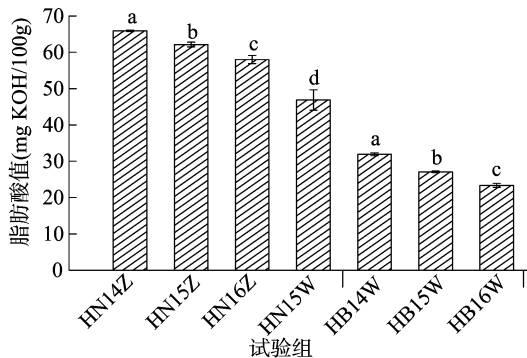


图4 稻谷混样的脂肪酸值

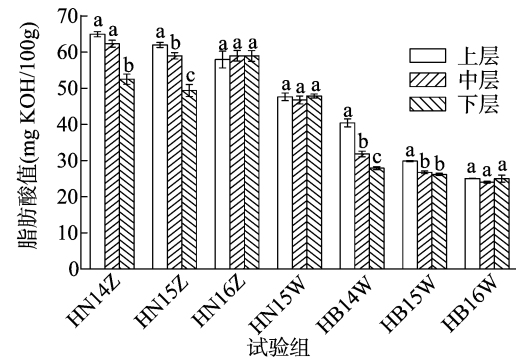


图5 粮堆不同深度稻谷的脂肪酸值差异

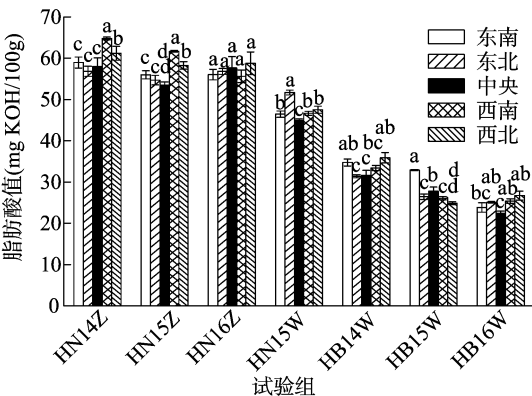


图6 粮堆不同方位稻谷的脂肪酸值比较

年入库的早籼稻外,其他 6 个粮仓的粮堆上层稻谷霉菌量分别为 9.2×10^3 、 4.0×10^3 、 1.6×10^3 、 5.5×10^3 、 5.4×10^3 、 5.7×10^3 CFU/g,均明显低于中下层(图 7、图 8)。

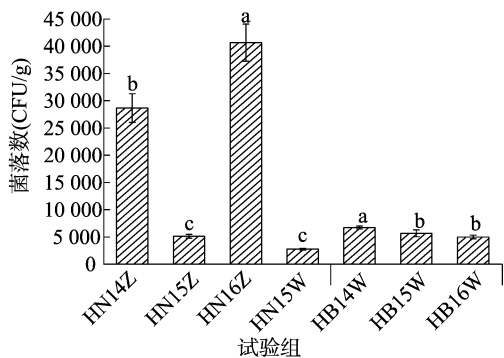


图7 稻谷混样的霉菌量比较

2.3.2 粮堆不同方位稻谷的霉菌量 从图 9 可以看出,除了湖南省 2016 年入库的早籼稻,湖南省其他 3 个粮仓的粮堆西南方位和西北方位稻谷的霉菌量较多,粮堆中央的稻谷霉菌

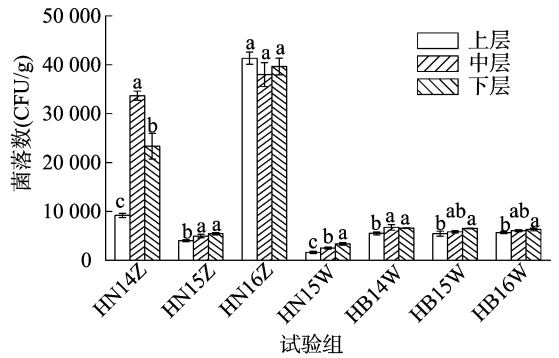


图8 粮堆不同深度稻谷的霉菌量比较

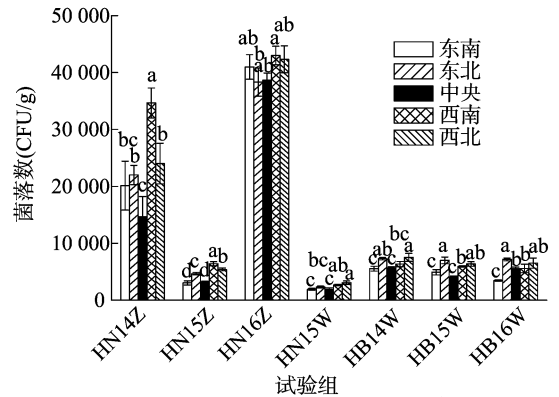


图9 粮堆不同方位稻谷的霉菌量比较

量均显著低于西南方位和西北方位,粮堆中央稻谷的霉菌量仅为西南方位的 42.3%~70.0%,为西北方位的 50.0%~61.1%。湖北省 3 个粮仓的粮堆东北方位和西北方位稻谷的霉菌量较多,东南方位和中央方位稻谷的霉菌量均明显低于东北方位和西北方位,粮堆东南方位稻谷的霉菌量为东北方位的 48.4%~75.8%,为西北方位的 53.3%~76.8%。

2.4 稻谷水分活度、霉菌量、脂肪酸值的相关性

从表 1 可以看出,湖南省 2014、2015 年入库的早籼稻,其水分活度与脂肪酸值分别呈显著、极显著正相关;水分活度与霉菌量均呈极显著负相关。湖北省 2015 年入库的晚籼稻,其水分活度与脂肪酸值呈极显著负相关,水分活度与霉菌量呈极显著正相关。

表 1 水分活度、霉菌量、脂肪酸值的相关性

| 试验组 | 相关系数 | | |
|-------|-----------|----------|----------|
| | 水分活度与脂肪酸值 | 水分活度与霉菌量 | 霉菌量与脂肪酸值 |
| HN14Z | 0.45 * | -0.64 ** | 0.19 |
| HN15Z | 0.56 ** | -0.57 ** | 0.24 |
| HN16Z | 0.56 ** | 0.41 * | 0.39 |
| HN15W | -0.46 * | -0.23 | 0.28 |
| HB14W | -0.27 | 0.20 | -0.17 |
| HB15W | -0.67 ** | 0.86 ** | -0.48 |
| HB16W | 0.14 | 0.51 * | 0.49 * |

注:“*”“**”分别表示在 0.05、0.01 水平上显著相关。

3 讨论与结论

稻谷的水分活度、脂肪酸值、霉菌量均与稻谷的品种有关。不同地区因其气候及饮食习惯等原因,会有不同品种的水稻,水稻品种也在不断增加,湖南省 2010—2015 年就审定

了 197 个品种^[23]。

稻谷的水分活度与储藏时间没有特定联系,但其脂肪酸值随储藏时间增加而升高,霉菌量则是先减少后增加。仓储稻谷的脂肪酸值升高是脂肪酸积累的过程,随储藏时间增加,稻谷所产生的脂肪酸不断积累,造成脂肪酸值升高^[24]。稻谷从入库开始,其田间真菌数不断减少,储藏真菌数急剧增加^[25],造成稻谷霉菌量随着储藏时间先减少后增加。

本研究结果显示,除了刚入库的稻谷,粮堆各位置稻谷无明显差别外,其仓储稻谷的水分活度、脂肪酸值、霉菌量均与稻谷所处的粮堆深度有关,其中仓储稻谷的水分活度还与季节有关。本试验样品分别采自湖南省长沙市与湖北省襄阳市,这 2 个地区气候相似但仍有一定差异。

对于本试验中于湖南省长沙市采得的样品,除 2016 年刚入库的早籼稻外,其他 3 个粮仓粮堆上层稻谷的水分活度均显著高于中下层。而 2017 年 5 月采得的湖北襄阳的稻谷样品,粮堆上层稻谷的水分活度均显著低于中下层。即春夏交替季节粮堆上层稻谷的水分活度低于中下层,冬季粮堆上层稻谷的水分活度高于中下层。食品水分活度主要与温度、食品成分、水分等因素有关^[26]。春夏交替季节,气温显著上升,粮堆上层稻谷易受到外部高温的影响,温度上升,温度对水分活度的影响较大,呈现出粮堆上层稻谷水分活度高于中下层的现象。冬季粮堆外部气温较低,粮堆内部温度较高,当内部相对较热的空气往上升遇到上层温度较低的空气与稻谷时,水蒸气液化,被上层稻谷吸收,使上层稻谷水分较高。湖南省和湖北省均属于亚热带季风气候区^[27-28],冬季气温较为温和,仅略低于粮堆内部温度,造成水分对水分活度的影响超过了温度对水分活度的影响,于是呈现出粮堆上层稻谷水分活度高于中下层的现象,且冬季粮堆不同深度稻谷水分活度的差值低于夏季的水分活度差值。

在湖南、湖北地区,全年大部分时间粮堆内部温度低于外部气温,即使是在冬季,粮堆内部温度也仅略高于粮堆外部温度。造成在储藏的绝大多数时间内,易受外部气温影响的粮堆上层稻谷的温度要高于中下层。较高的粮温利于稻谷脂肪的水解产生脂肪酸,温度变化幅度与脂肪酸值呈正向线性关系,温度变化幅度越大,脂肪酸值越大^[29],呈现出了粮堆上层稻谷脂肪酸值高于中下层的现象。

本研究结果显示,粮堆上层稻谷的霉菌量低于粮堆中下层。郭钦等通过稻谷高大平房仓的实仓储藏,发现稻谷粮堆不同部位微生物生长活动的强度不一,夏季粮堆下层、冬季粮堆中层的微生物活性更高^[30]。微生物活性较高,反映粮堆中下层的霉菌生命活动强于上层,导致粮堆中下层稻谷的外部霉菌量高于上层稻谷。

本研究还首次发现,不同地区粮堆不同方位的水分活度、脂肪酸值、霉菌量均有差异,且差异显著的方位不同。相同地区不同入仓年份的稻谷各指标差异显著的方位相似。湖南省春夏的粮堆东南方位和中央稻谷的水分活度较高。湖北省冬季粮堆东南方位和西南方位稻谷的水分活度较低。湖南省 2014、2015 年入库早籼稻粮堆西南方位和西北方位稻谷的脂肪酸值较高,显著高于其他方位。湖北省 2014、2015 年入库的晚籼稻粮堆东南方位稻谷的脂肪酸值较高,粮堆中央稻谷的脂肪酸值较低。湖南省 3 个粮仓的粮堆西南方位和西北方

位稻谷的霉菌量较多,中央方位稻谷的霉菌数较少。湖北省 3 个粮仓的粮堆东北方位和西北方位稻谷的霉菌量较多,东南方位和中央方位稻谷的霉菌量较少。

湖南省、湖北省 2 地储藏时间超过 1 年的稻谷,对应的相关性正负都相反。这可能是由于 2 地采样的时间不同,湖南省样品采样是在冬季,湖北省样品采样时间接近夏季,且冬季与夏季粮堆不同深度水分活度差异较为显著。说明粮堆中影响稻谷品质和微生物污染情况的主要原因是粮堆外部的气温变化及其引发的粮堆内部的水分迁移和水分活度变化。结合本研究不同地区稻谷粮堆不同位置水分活度、脂肪酸值、霉菌量差异显著的方位不同,可以推测储藏地区的气候可能会造成仓储稻谷品质及微生物污染情况在粮堆方位上的差异。

本研究分析测定了粮堆不同位置稻谷的水分活度、脂肪酸值、霉菌量的差异性,发现春夏交替季节粮堆上层稻谷的水分活度显著低于中下层,冬季粮堆上层稻谷的水分活度显著高于中下层;粮堆上层稻谷脂肪酸值高于中下层;粮堆上层稻谷霉菌量低于中下层;粮堆不同方位稻谷的水分活度、脂肪酸值、霉菌量均有差异,长沙、襄阳 2 地的粮堆稻谷各指标差异显著的方位不同。粮堆外部的气温变化及其引发的粮堆内部的水分迁移和水分活度变化易引起脂肪酸值、霉菌量的差异。

参考文献:

- [1] 李辛一,朱满德,陈其兰. 中国稻谷生产成本的时空嬗变与国际比较[J]. 价格月刊,2017(6):87-90.
- [2] 徐瑞财. 储粮损耗原因及减损措施[J]. 粮油仓储科技通讯,2014(6):12-14.
- [3] 田元方,李应祥,王文祯,等. 楼房仓不同保管模式对降低储粮损耗的应用分析[J]. 粮食储藏,2014,43(3):33-38.
- [4] 李新社,陆步诗. 仓储稻谷霉菌污染情况调查[J]. 常德师范学院学报,2000,12(2):75-77.
- [5] Vinod K, Basu M S, Rajendran T P. Mycotoxin research and mycoflora in some commercially important agricultural commodities [J]. Crop Protection,2008,27(6):891-905.
- [6] Teymori R, Ghazanfarirad N, Dehghan K, et al. A survey of bacterial and mold contamination of imported rice into west Azerbaijan Province, northwest of Iran [J]. Asian Pacific Journal of Tropical Disease,2014,4(S2):833-835.
- [7] 杨基汉,符秋霞,满原,等. 不同水分稻谷在储藏过程中微生物变化规律的研究[J]. 粮食储藏,2016,45(6):39-42.
- [8] 潘磊庆,王振杰,孙柯,等. 基于计算机视觉的稻谷霉变程度检测[J]. 农业工程学报,2017,33(3):272-280.
- [9] 殷蔚申,张耀东,庄桂,等. 我国稻谷真菌区系调查及其演替规律的研究[J]. 郑州粮食学院学报,1986(3):7-21.
- [10] Aghili S R, Shokohi T, Khosravi A R, et al. Mycoflora contamination of consumed rice in mazandaran [J]. Journal of Mazandaran University of Medical Sciences,2012(86):279-285.
- [11] Hoeltz M, Fagundes C A, Lobo Alcayaga E A, et al. Mycobiota and mycotoxins in rice samples collected during the stationary drying and storage system[J]. Ciencia Rural,2009,39(3):803-808.
- [12] Juan C, Zinedine A, Idrissi L, et al. Ochratoxin a in rice on the moroccan retail market [J]. International Journal of Food Microbiology,2008,126(1/2):83-85.

咎立峰,李丹花,殷春燕,等. 大孔吸附树脂分离纯化紫甘薯色素的动力学分析[J]. 江苏农业科学,2018,46(10):199-202.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2018.10.051

大孔吸附树脂分离纯化紫甘薯色素的动力学分析

咎立峰^{1,2}, 李丹花^{1,2}, 殷春燕^{1,2}, 叶嘉^{1,2}, 王帅¹

(1. 邯郸学院生命科学与工程学院,河北邯郸 056005; 2. 河北省高校冀南太行山区野生资源植物应用研发中心,河北邯郸 056005)

摘要:采用静态法考察了 6 种国产大孔吸附树脂(DM-21、AB-8、HPD-600、LX-60、LX-69、LX-3020)对紫甘薯色素的吸附动力学曲线、吸附等温曲线以及吸附解吸特性。结果发现,DM-21 树脂为分离纯化紫甘薯色素的最佳树脂,动力学分析得出随着温度的升高,吸附速率有下降趋势,35℃时树脂的吸附量最高,吸附液最佳 pH 值为 4.0,解吸液为 70% 乙醇溶液,在此条件下紫甘薯色素的分离效果最佳,粉末产品色价达到 146.31,矢车菊-3-葡萄糖苷含量为 0.77 mg/g。

关键词:紫甘薯;花青素;大孔吸附树脂;动力学;等温曲线;解吸特性;吸附速率;吸附量;分离效果;色价

中图分类号:TS201.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2018)10-0199-04

紫甘薯[*Ipomoea batatas* (L.) Lam]属于旋花科的草本植物,肉质为深紫红色,含有大量的花青素类色素,主要成分为矢车菊素和芍药素等色苷^[1]。国家卫生部 2012 年第 6 号公告批准紫甘薯色素为食品添加剂新品种,该色素具有良好的抗氧化、抗突变、抗肿瘤、降血糖、预防心血管疾病等功效,在食品、药品、化妆品等领域有着广阔的应用前景^[2]。

大孔吸附树脂已广泛用于工业化生产天然色素。紫甘薯色素经过大孔吸附树脂的纯化处理后,可以有效地除去粗提

液中大多数的淀粉、还原糖、蛋白质、黏液质等杂质,使色素的有效成分高度富集从而提高色素的品质^[3]。因此,筛选廉价高效的大孔吸附树脂并研究其吸附及解吸状况,对开发及生产紫甘薯色素以及其他天然色素是非常有必要的。为此本研究主要探讨了紫甘薯色素在大孔吸附树脂上吸附分离特性以及动力学方程,旨在为该法工业化推广应用提供一定的基础数据和参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

新鲜紫甘薯由河北省邯郸市禾下土种业有限公司提供,低温放置备用。

大孔吸附树脂 DM-21 购于山东鲁抗医药股份有限公司;AB-8、HPD-600 购于河北沧州宝恩吸附材料科技有限

收稿日期:2016-12-03

基金项目:邯郸学院校内项目(编号:14101);河北省高校冀南太行山区野生资源植物应用研发中心项目。

作者简介:咎立峰(1980—),男,内蒙古乌兰察布人,博士,副教授,主要从事天然产物开发利用研究。E-mail:tengfei007zlf@126.com。

[13] Reddy K N, Reddy C S, Muralidharan K. Potential of botanicals and biocontrol agents on growth and aflatoxin production by *Aspergillus flavus*, infecting rice grains[J]. Food Control, 2009, 20(2): 173-178.

[14] Sempere Ferre F, Santamarina M P. Efficacy of *Trichoderma harzianum* in suppression of *Fusarium culmorum* [J]. Annals of Microbiology, 2010, 60(2): 335-340.

[15] Laca A, Mousia Z, Diaz M, et al. Distribution of microbial contamination within cereal grains[J]. Journal of Food Engineering, 2006, 72(4): 332-338.

[16] 林镇清, 郭 谊, 郑志锐, 等. 稻谷储藏期间水分和脂肪酸值变化的研究[J]. 粮食储藏, 2009, 38(3): 49-51, 54.

[17] Szafrńska A. Fat acidity as a factor of deterioration changes during cereal products storage [C]. International Scientific Conference healthy Grain for A Healthy Diet, 2015.

[18] 李新华, 李利霞, 杨 权. 不同储存条件下稻谷水分和脂肪酸值变化及霉变规律[J]. 粮食储藏, 2016, 45(2): 49-51.

[19] 苏蕊雨. 影响稻谷脂肪酸值测定的因素[J]. 粮油仓储科技通讯, 2009, 25(6): 49-50.

[20] 周建新, 张 瑞, 王 璐, 等. 储藏温度对稻谷微生物和脂肪酸值的影响研究[J]. 中国粮油学报, 2011, 26(1): 92-95.

[21] 文友先, 张家年. 水分活度仪测定稻谷吸附与解吸等温线[J].

粮食与饲料工业, 1998(2): 18-20.

[22] 吴宝明, 高永生, 李胜盛, 等. 对高大平房仓结构及储藏工艺建设的几点建议[J]. 粮油仓储科技通讯, 2017, 33(1): 45-48.

[23] 苏启卓, 张海清, 肖层林. 湖南省 2010—2015 年审定水稻品种的主要性状与趋势分析[J]. 作物研究, 2016, 30(5): 497-502.

[24] Sung J H, Kim H, Choi H D, et al. Fat acidity and flavor pattern analysis of brown rice and milled rice according to storage period [J]. Journal of the Korean Society of Food Science & Nutrition, 2011, 40(4): 225-250.

[25] 周德安, 焦爱琴. 人工陈化稻谷的真菌区系演替和品质变化的关系[J]. 郑州粮食学院学报, 1982(4): 21-27.

[26] Fennema O R. 食品化学[M]. 王 璋, 译. 3 版. 北京: 中国轻工业出版社, 2003.

[27] 张剑明, 黄 晴. 近 46 年来湖南省气温变化的若干特点[J]. 干旱气象, 2012, 30(3): 387-392, 403.

[28] 秦鹏程, 万素琴, 邓 环, 等. 湖北省水稻种植布局精细化气候区划[J]. 湖北农业科学, 2016(16): 4150-4153.

[29] 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, 35(1): 38-40.

[30] 郭 钦, 蔡静平, 刘爱兰, 等. 粮堆不同部位微生物活动的差异性研究[J]. 粮油加工, 2006(7): 65-68.