

陈冰洁, 乔勇进, 雷天慧, 等. 花椒精油微胶囊保鲜剂对大米贮藏品质的影响[J]. 上海农业学报, 2021, 37(1): 98-103.

花椒精油微胶囊保鲜剂对大米贮藏品质的影响

陈冰洁¹, 乔勇进^{1*}, 雷天慧², 王晓¹, 张怡¹, 刘晨霞¹

(¹上海市农业科学院农产品保鲜加工研究中心, 上海 201403; ²上海市文来中学, 上海 201101)

摘要: 采用包络结合法制作壁材为 β -环糊精、芯材为花椒精油的微胶囊保鲜剂, 研究不同剂量保鲜剂对恒温恒湿(温度 37 °C, 相对湿度 95%)条件下大米贮藏品质的影响。结果表明: 不同剂量保鲜剂处理的大米蒸煮品质和食味值均下降, 脂肪酸值和衰减值先升高后下降, 色差变大, 回生值、细菌总数、霉菌总数均显著增加。推荐花椒精油 0.3 g 作为大米保鲜剂的选用剂量。

关键词: 花椒精油; 保鲜剂; 恒温恒湿; 贮藏品质

中图分类号: S379 文献标志码: A 文章编号: 1000-3924(2021)01-098-06

Effects of *Zanthoxylum bungeanum* essential oil microcapsule preservative on rice storage quality

CHEN Bingjie¹, QIAO Yongjin^{1*}, LEI Tianhui², WANG Xiao¹, ZHANG Yi¹, LIU Chenxia¹

(¹ Agri-food Storage and Processing Research Center, Shanghai Academy of Agricultural Sciences, Shanghai 201403, China; ² Shanghai Wenlai Middle School, Shanghai 201101, China)

Abstract: The microcapsule preservative with β -cyclodextrin as the wall material and *Zanthoxylum bungeanum* essential oil as the core material were produced by the envelope method, and the effects of different doses of preservatives on the storage quality of rice under constant temperature and humidity (temperature 37 °C, relative humidity 95%) were studied. The results showed that the cooking quality and taste value of rice treated with different doses of preservatives were decreased, the fatty acid value and breakdown value rose first and then decreased, chromatic aberration became larger while the setback value, the total number of bacteria, and the total number of molds increased significantly. It is recommended to use 0.3 g *Zanthoxylum bungeanum* essential oil as the dose of rice preservative.

Key words: *Zanthoxylum bungeanum* essential oil; Preservative; Constant temperature and humidity; Storage technology

稻谷是人类主要的粮食作物之一, 在人类能量摄取中起到重要作用, 世界上有超过 50% 的人口以稻米为主食。中国是世界上最大的稻米生产国和消费国, 根据国家粮食局统计数据, 2017 年稻谷产量约为 2.08×10^{11} kg, 占全球产量的 40%。在夏季温度高达 38—41 °C、相对湿度高达 85%—98% 的中国东南部和南部地区, 经常出现陈化、泛黄和霉菌生长等典型大米恶化现象^[1-2], 严重影响大米的食用品质。因此, 迫切需要开发适用于成品粮高温高湿储藏环境的绿色、低残留的保鲜剂, 为成品粮储藏提供物质保障。

天然植物精油抗菌效果显著, 是近几年保鲜剂方面研究的热点^[3-4], 但其环境稳定性差、挥发性强, 如何减缓植物精油的挥发速率, 延长抑菌作用时间, 成为植物精油开发中的重点研究方向之一。包络结合法主要是利用壁材 β -环糊精“中腔疏水外层亲水”, 可与精油等有机类分子作用形成包络结合物的特点, 达到降低由于温度的升高、氧气的氧化、光线的照射引起的芯材有效物质挥发的目的, 从而避免其有效成

收稿日期: 2019-06-27

基金项目: 上海市市级农口系统青年人才成长计划[沪农青字(2018)第 1-4 号]; 上海市农产品保鲜加工专业技术服务平台(18DZ2291300)

作者简介: 陈冰洁(1990—), 女, 硕士, 研究实习员, 研究方向为农产品保鲜技术。E-mail: 1311176489@qq.com

* 通信作者, E-mail: yjqiao2002@126.com

分的损失^[5]。本试验通过研究花椒精油微胶囊保鲜剂对大米贮藏品质的调控效应, 以期为天然植物精油作为大米保鲜剂应用提供借鉴。

1 材料与方法

1.1 仪器与设备

H1850R 型台式高速离心机; 湖南湘仪实验室仪器开发有限公司; BP301S 型电子天平; 德国赛多利斯公司; DHG-9240A 型电热恒温鼓风干燥箱; 上海一恒科技公司; GR85DF 全自动高压蒸汽灭菌锅; 美国 ZEALWAY 公司; KBF 1020 恒温恒湿箱; 德国 BINDER 公司; STAIA/1B 米饭食味计; 北京东孚久恒仪器技术有限公司; Tech Master RVA starchmaster 快速黏度分析仪; 波通瑞华科学仪器有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 花椒精油微胶囊保鲜剂的制备

采用包络结合法^[6], 称取 5 g β -环糊精, 加入 50 mL 去离子水, 60 °C 条件下溶解, 在电动搅拌器的作用下, 使溶液达到饱和状态。称取 2 mL 花椒精油, 按 1:20 (mL:mL) 的比例用无水乙醇溶解后在 50 °C 条件下逐滴加入到 β -环糊精饱和溶液中, 1 000 r/min 搅拌 30 min 后将制备好的溶液装于培养皿中, 于 40 °C 电热鼓风干燥箱中干燥 24 h, 研磨, 称重。

1.2.2 大米样品处理

以‘沪早香软 1 号’粳米为试材, 将 500 g 大米装入 0.12 mm 厚、18 cm × 25 cm 大小的 PE 包装袋中。设置 4 个处理, 分别加入 0.1 g、0.2 g、0.3 g、0.4 g 保鲜剂, 保鲜剂粉末放于 5 cm × 6 cm 大小的无纺布密封袋中, 密封后置于大米中间, 以不放保鲜剂的处理作为空白对照 (CK), 密封包装后置于温度为 37 °C、相对湿度 (RH) 为 95% 的人工气候箱中以加速大米陈化。每个处理 3 次重复, 每隔 30 d 取样测定。

1.2.3 大米品质测定的内容及方法

含水量的测定参照 GB 5009.3—2010 食品中水分的测定中 105 °C 恒重法; 脂肪酸的测定参照 GB/T 5510—2011 粮油检验粮食、油料脂肪酸值测定; 糊化特性的测定利用快速黏度仪, 参照 GB/T 24852—2010 大米及米粉糊化特性测定; 食味值用米饭食味计测定; 蒸煮品质的测定参照李闯^[7]的方法; 霉菌菌落总数的测定采用 GB 4789.15—2016 食品安全国家标准食品微生物学检验霉菌和酵母计数的方法; 细菌总数参照 GB/T 13093—2006 对饲料中细菌总数的测定进行。对储存前后的大米分别进行指标测定, 每个样品重复检测 3 次, 测量结果以平均值表示。

1.2.4 色差的测定

参照 Wang^[8]的方法, 先用黑板、白板进行色差计的校正。由于米粒颜色分布不均, 直接测量误差较大, 因此将大米粉碎混合均匀后测定, 以减少误差。每组米样重复 3 次, 求平均值。在色差测定中, L^* 是明度指数 (0 代表黑色, 100 代表白色); $+a^*$ 方向表示红色增加, $-a^*$ 方向表示绿色增加; $+b^*$ 方向表示黄色增加, $-b^*$ 方向表示蓝色增加。 ΔE 由 ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* 三者的平方和开平方得到。当 $\Delta E < 1.5$ 时, 表示样品与贮藏前颜色无差异; 当 ΔE 在 1.5—3.0 时, 表示差异较小; 当 ΔE 在 3.0—6.0 时, 表示有差异; 当 $\Delta E > 6.0$ 时, 表示有显著差异。

2 结果与分析

2.1 花椒精油微胶囊保鲜剂对大米含水量的影响

大米含水量不仅影响米粒呼吸代谢作用及其附微生物的生长, 还对米饭食味品质产生重要影响。如图 1 所示, 在高温高湿的贮藏环境中, 大米的含水量呈先上升后下降的趋势, 总体来看, 对照组大米含水量在贮藏过程中变化幅度较大, 含水量最低为 11.46%, 最高为 13.14%, 而添加不同保鲜剂的大米含水量变化较小且处理间差别不大, 说明保鲜剂对维持大米水分有一定作用, 但保鲜剂剂量对大米含水量影响不大。

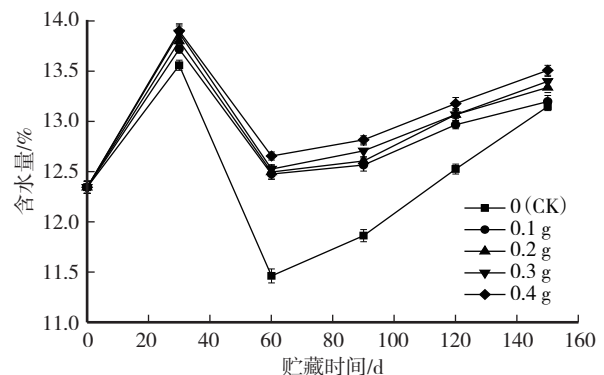


图 1 保鲜剂对大米含水量的影响

Fig. 1 Effects of preservative on water content of rice

2.2 花椒精油微胶囊保鲜剂对米饭食味值的影响

由图2可知,随着贮藏时间的延长,米饭食味值呈下降趋势,对照组下降速度较快,添加保鲜剂的试验组较缓,贮藏150 d时,保鲜剂剂量为0(CK)、0.1 g、0.2 g、0.3 g、0.4 g的米饭食味值分别为64、68、71、75、75,稻米食味品质有差别主要是由于在贮藏过程中不同剂量保鲜剂处理的大米含水量及脂肪酸的变化不同,高剂量保鲜剂能够在一定程度上维持大米食用品质。

2.3 花椒精油微胶囊保鲜剂对大米脂肪酸含量的影响

在长期的贮藏过程中,脂类变化是造成大米品质劣变的最主要因素^[9],其中脂肪酸含量是反映大米贮藏品质最重要指标之一^[10]。由图3可知,大米的脂肪酸含量在贮藏期间呈现先上升后下降的趋势,这与Wang等^[8]的研究一致。贮藏90 d时,对照组和0.1 g保鲜剂处理的大米脂肪酸含量最高,其余剂量保鲜剂处理的大米在120 d时脂肪酸含量最高。贮藏150 d时,对照组大米的脂肪酸含量为47.3 mg KOH/(100 g),0.3 g、0.4 g保鲜剂处理的大米脂肪酸值分别为33.7 mg KOH/(100 g)、33.6 mg KOH/(100 g),对照组与0.3 g、0.4 g剂量保鲜剂处理组存在显著差异($P < 0.05$),说明精油处理可减缓大米中脂类的水解,延缓大米老化变质。

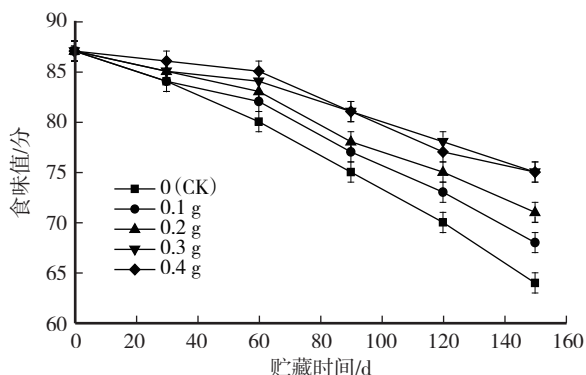


图2 保鲜剂对大米食味值的影响

Fig.2 Effects of preservative on taste value of rice

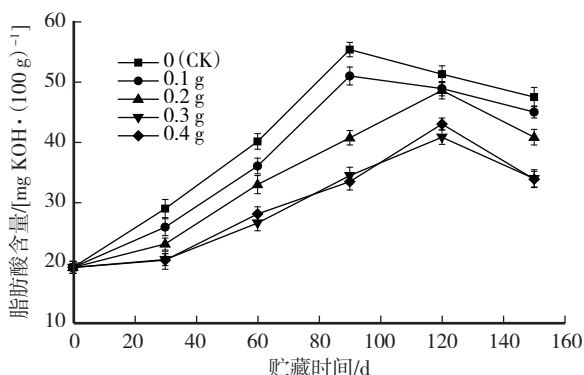


图3 保鲜剂对大米脂肪酸含量的影响

Fig.3 Effects of preservative on fatty acid content of rice

2.4 花椒精油微胶囊保鲜剂对大米色差的影响

ΔE 值的大小反映大米颜色变化情况, ΔE 值越大,说明贮藏前后大米颜色变化越大,大米品质劣变越严重。由图4可知, ΔE 值均随贮藏时间的延长而逐渐增大,前期增长速率快,后期变缓。贮藏120 d时,对照组 ΔE 值大于3.0,说明贮藏120 d后大米颜色与未贮藏前的大米颜色有差别,而0.3 g、0.4 g保鲜剂处理的大米贮藏期间 ΔE 值均小于3.0,且与对照组相比,时间越长,色差的差异性越大,其原因为不同剂量保鲜剂下,微生物作用及脂类、蛋白质的氧化程度不同。

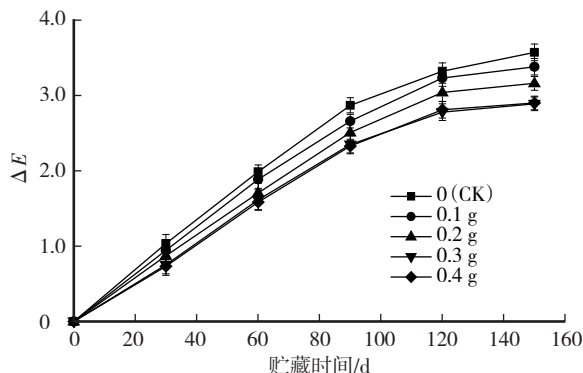


图4 保鲜剂对大米色差的影响

Fig.4 Effects of preservative on chromatic aberration of rice

2.5 花椒精油微胶囊保鲜剂对大米糊化特性的影响

衰减值是衡量米饭热糊稳定性的指标,回生值反映米粉冷糊的稳定性和老化性^[11]。研究认为,衰减价值越大而回生值越小的大米糊化特性越好,其蒸煮品质和食用品质较好^[12]。由图5可知,大米的衰减价值随着贮藏时间的增加呈现先增大后减小的趋势,由图6可知,回生值随着贮藏时间的增加逐渐增大,表明

大米糊化冷却后再老化的速率上升。花椒精油微胶囊保鲜剂剂量越大,大米的衰减值越大而回生值越小,说明精油处理剂量越大,大米的蒸煮品质和食用品质越好。

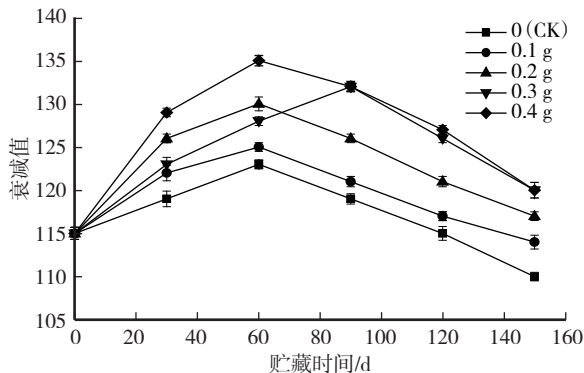


图5 保鲜剂对大米衰减值的影响

Fig. 5 Effects of preservative on breakdown value of rice

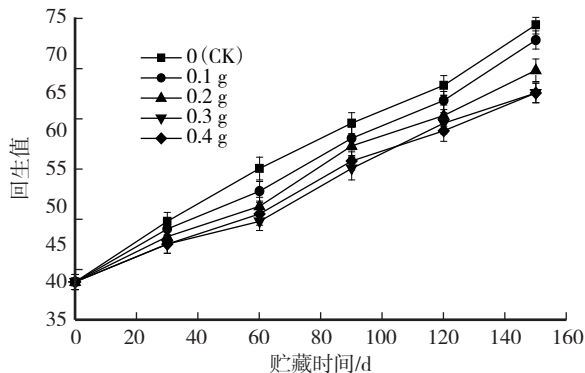


图6 保鲜剂对大米回生值的影响

Fig. 6 Effects of preservative on setback value of rice

2.6 花椒精油微胶囊保鲜剂对大米蒸煮品质的影响

由图7可知,随着贮藏时间的延长,大米加热后的吸水率呈现上升趋势,但经花椒精油微胶囊保鲜剂处理的大米加热后吸水率上升速度明显慢于对照组。储藏150 d时,对照组大米吸水率由218.3%升高至369.7%,而经0.3 g保鲜剂处理的大米则由218.3%升高至290.7%,增幅明显低于对照组,说明花椒精油微胶囊能有效减缓大米加热后吸水率的上升。

由图8可知,大米pH前期变化迅速,后期变化缓慢,初期米汤偏碱性,随着贮藏时间的延长,pH逐渐降低,偏酸性明显,这主要是因为脂肪氧化酸败生成的游离脂肪酸增加及氨基酸、磷酸等酸性物质增加所致。其中0.4 g花椒精油微胶囊保鲜剂处理的大米米汤pH下降最为缓慢,米汤的pH最接近中性,大米的品质最好。由此说明,花椒精油微胶囊剂量越高,大米稳定性越好,品质变化越慢。

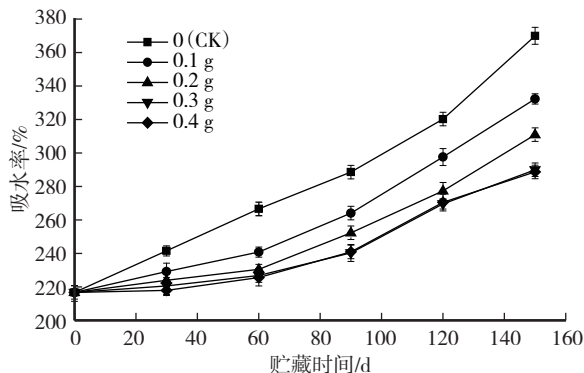


图7 保鲜剂对大米吸水率的影响

Fig. 7 Effects of preservative on water absorption rate of rice

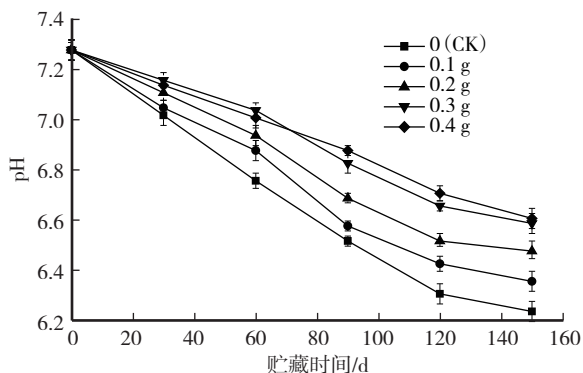


图8 保鲜剂对大米pH的影响

Fig. 8 Effects of preservative on pH of rice

由图9可知,随着贮藏时间的延长,大米米汤中干物质含量逐渐降低,其中剂量0.3 g、0.4 g花椒精油

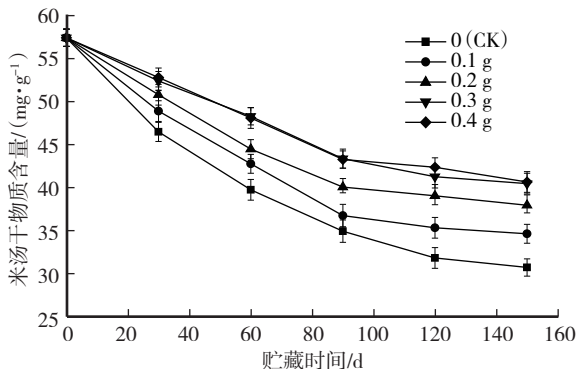


图9 保鲜剂对大米米汤干物质的影响

Fig. 9 Effect of preservative on expansion rate of rice

微胶囊保鲜剂处理的米汤干物质下降速度较慢,对照组下降最快,这主要是高剂量保鲜剂能抑制大米呼吸所致,也可能是由于大米在陈化过程中细胞壁的溶解性下降,抑制了淀粉可溶出物的溶出所致^[13]。

2.7 花椒精油微胶囊保鲜剂对大米霉菌总数的影响

在高温高湿的条件下,大米极易产生霉变,如图 10 所示,随着时间的延长,大米霉菌总数呈现不同速率的增长,储藏 150 d 时,0.3 g 保鲜剂处理的大米霉菌总数为 3.10 lg cfu/g,而对照大米霉菌总数为 4.75 lg cfu/g,两者差异显著。其原因是花椒精油通过破坏细菌细胞壁的完整性,改变细胞膜的通透性,从而达到抑制真菌的生长和繁殖的目的^[14]。保鲜剂剂量越大,对霉菌的抑制效果越明显,但 0.3 g、0.4 g 剂量保鲜剂处理间差异不显著。

2.8 花椒精油微胶囊保鲜剂对大米细菌总数的影响

去除谷壳的大米容易受到微生物污染,储藏期间米粒表面微生物代谢消耗米粒营养物质并产生多种代谢产物,导致大米品质下降并影响食用安全^[15]。如图 11 所示,随着贮藏时间增长,细菌总数呈增长趋势。在贮藏 150 d 时,0.3 g 保鲜剂处理的大米细菌总数为 2.23 lg cfu/g,对照大米细菌总数为 3.12 lg cfu/g,两者具有显著性差异,说明保鲜剂对细菌具有一定程度的抑制作用,这与宋丽雅等^[16]研究结果相似。

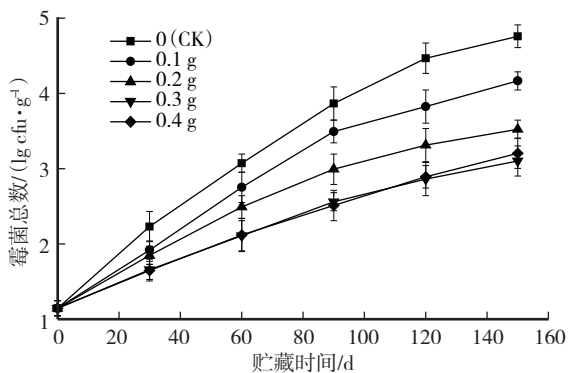


图 10 保鲜剂对大米霉菌总数的影响

Fig. 10 Effects of preservative on the total mildew of rice

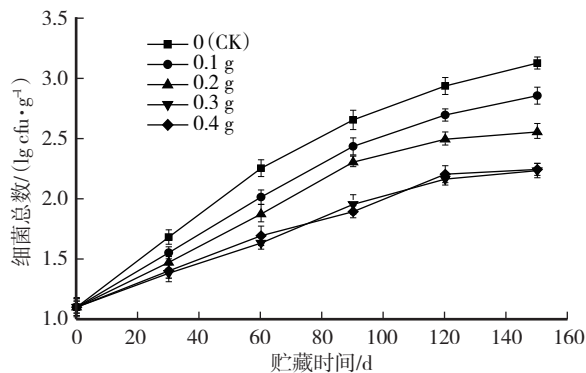


图 11 保鲜剂对大米细菌总数的影响

Fig. 11 Effects of preservative on total bacteria numbers of rice

3 结论与讨论

花椒精油具有抑菌杀虫的生物学效应^[14],但其在大米保鲜方面的研究仍处于空白,本试验以高抑菌性的花椒精油为保鲜成分,针对精油的易挥发特点,对其进行微胶囊化处理制成保鲜剂,研究其对大米贮藏品质的影响。

研究发现,稻米含水量过低时,蒸煮过程中稻米易断裂,米饭弹性降低、口感变差^[17]。本研究中,对照组大米水分含量变化较试验组大,说明保鲜剂对维持水分起到一定作用。大米的食味值是评价稻米品质最直观的指标,受多种因素影响,淀粉颗粒暴露增多^[18]、陈化后游离脂肪酸与直链淀粉形成的淀粉-脂质复合物、蛋白质二硫键网络结构的增加^[19]等都会使米饭硬度增加,同时大米含水量降低也会使米饭的食味下降,影响食用口感。研究表明,保鲜剂剂量相对高的大米食味值较好,说明保鲜剂可延缓大米品质劣变。大米脂肪酸含量呈现先上升后下降的趋势,其原因是贮藏前期光、热及微生物的作用使脂肪酸含量增加^[20];贮藏后期繁殖迅速的霉菌消耗大量脂肪酸^[21],且脂肪酸在酶作用下分解成醛、酮类等小分子物质,使脂肪酸含量迅速降低^[22]。大米颜色加深主要是由于大米中的脂质自动氧化产生的羰基化合物会与蛋白质发生反应所致^[23],同时,微生物特别是霉菌的大量繁殖也会影响大米色泽。衰减值先增加后降低,其原因是淀粉与脂类形成的较紧密的网状结构与淀粉粒表面的亲水作用增强使得贮藏初期衰减值增大,而随着贮藏时间的延长,体系的抗剪切能力下降,淀粉粒易破裂,衰减值下降^[24-25]。大米吸水率增加主要是因为细胞内的小分子物质聚合形成的大分子结构使得大米在蒸煮的过程中能够吸收更多的水分,同时,陈化过程中蛋白质、果胶和纤维素等的细胞壁遭到破坏,使细胞内各组分吸水能力增强,大米的吸水率提高^[26]。大米在加工过程中容易感染黄曲霉、青霉、白曲霉、灰绿曲霉等,当环境条件适宜时,霉菌和细菌在大米表面的大量繁殖会分解大米中的营养物质油脂及蛋白质,影响大米外观,降低大米的食味品质,甚至对大米的质量安全造成影响。本研究通过比较分析,得出花椒精油 0.3 g 组霉菌和细菌总数最少,

0.3 g 剂量保鲜剂抑制霉菌和细菌效果较明显。综合考虑各个指标,推荐 0.3 g 作为大米保鲜剂的适用剂量。

参 考 文 献

- [1] SMANALIEVA J, SALIEVA K, BORKOEV B, et al. Investigation of changes in chemical composition and rheological properties of Kyrgyz rice cultivars (Ozgon rice) depending on long-term stack-storage after harvesting[J]. LWT-food Science and Technology, 2015, 63(1):626-632.
- [2] ZHOU Z K, YANG X, SU Z, et al. Effect of ageing-induced changes in rice physicochemical properties on digestion behaviour following storage[J]. Journal of Stored Products Research, 2016, 67, 13-18.
- [3] ZHAI H, LIU H, WANG S, et al. Potential of essential oils for poultry and pigs[J]. Animal Nutrition, 2018, 4(2):179-186.
- [4] CALO J R, CRANDALL P G, O-BRYAN C A, et al. Essential oils as antimicrobials in food systems-A review[J]. Food Control, 2015, 54: 111-119.
- [5] 刘香军. 成品粮植物油保鲜剂的研制与其应用研究[D]. 天津:天津科技大学, 2016.
- [6] 刘香军, 高凯, 高玉敏. 丁香精油微胶囊保鲜剂对大米脂肪酸氧化及微生物的调控[J]. 2015, 31(4):115-120.
- [7] 李闯, 孔繁东, 刘兆芬, 等. 不同包装材料对大米恒温恒湿贮藏品质的影响[J]. 粮食与饲料工业, 2017(5):5-8.
- [8] WANG F, HU Q H, ALFRED M M, et al. Effect of nano packaging on preservation quality of Nanjing 9108 rice variety at high temperature and humidity[J]. Food Chemistry, 2018, 239:23-37.
- [9] 邓靖, 李文, 林亲录, 等. ASLT 法研究复合精油微胶囊对大米保鲜效果[J]. 现代食品科技, 2017, 33(3):196-202.
- [10] ZHOU Z, ROBARDS K, HALLIWELL S, et al. Aging of stored rice: changes in chemical and physical attributes[J]. Journal of Cereal Science, 2002, 35(1):65-78.
- [11] FANG D, YANG W, KIMATU B M, et al. Effect of nanocomposite-based packaging on storage stability of mushrooms (*Flammulina velutipes*). Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2016, 33:489-497.
- [12] 孔进喜, 李云波, 赵思明, 等. 大米储藏过程中凝胶力学特性研究[J]. 粮食与饲料工业, 2011(3):9-11.
- [13] 黄亚伟, 徐晋, 王若兰. 不同品种五常大米储藏期间蒸煮品质与质构变化规律及相关性研究[J]. 粮食与油脂, 2016, 29(8):33-38.
- [14] 吴静. 花椒精油的提取工艺、化学成分分析与抗菌活性研究[D]. 合肥:合肥工业大学, 2017.
- [15] 藏茜, 梅丽娟, 王悦, 等. 低温贮藏条件下 EVOH 材料包装对大米品质的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(20):222-224.
- [16] 宋丽雅, 倪正, 樊琳娜, 等. 花椒抑菌成分提取方法及抑菌机理研究[J]. 中国食品学报, 2016, 16(3):125-130.
- [17] 陈冰洁, 乔勇进, 曹黎明, 等. 8 种上海地产糙米的食用品质比较分析[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(10):23-28.
- [18] 李贞. 大米理化性质与食味品质的相关性[J]. 粮食与油脂, 2017, 30(1):89-92.
- [19] 李苏红, 宋媛媛, 董墨思, 等. 大米理化特性与食味品质的相关性分析[J]. 2017, 38(23):26-31.
- [20] 姜平. 储藏方式对小包装大米品质变化的影响[D]. 无锡:江南大学, 2012.
- [21] 高玉敏, 高凯, 刘香军, 等. 山鸡椒精油微胶囊大米保鲜剂的研制[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(1):95-100.
- [22] JUNKA N, RATTANAMECHAIKUL C, WONGS-AREE C, et al. Free fatty acid deformation of treated black glutinous rice during storage by fluidization drying[J]. Journal of Food Process Engineering, 2017, 40(3):1-7.
- [23] 于莉, 陈丽, 张建新, 等. 不同气调储藏方式下大米陈化过程中的品质变化[J]. 粮油加工, 2007(8):96-98.
- [24] 缪铭, 江波, 张涛. 淀粉的消化性能与 RVA 曲线特征值的相关性研究[J]. 食品科学, 2009, 30(5):16-19.
- [25] 王立峰, 王红玲, 姚轶俊, 等. 不同包装方式对大米储藏品质及挥发性成分的影响[J]. 中国农业科学, 2017, 50(13):2576-2591.
- [26] 何剑飞, 陈召桂. 不同品种的大米品质评价分析[J]. 福建稻麦科技, 2009, 27(4):31-33.

(责任编辑:郭娇)