发芽糙米粽的开发及保鲜技术研究

张 颖[1,2]，何 健[1,2]，冯 伟[1,2]，王 涛[1,2]，王 韧[*1,2]，于秋生[1,2]，陈正行[1,2]
（1. 粮食发酵工艺与技术国家工程实验室，江南大学，江苏 无锡 214122；2. 江南大学 食品学院，江苏 无锡 214122）

摘要：为改善杀菌粽的口感，开发出一款品质接近新鲜粽的发芽糙米保鲜粽。在确定发芽糙米适宜添加量的基础上，探究了双氧水喷淋、双氧水喷淋协同脱氧包和双氧水协同乙醇缓释片3种处理工艺对粽子保鲜和感官性质的影响。结果表明：发芽糙米添加量为质量分数51%，粽体颜色适中，结构相对紧致、完整；该糙米添加量下，3种保鲜处理方式均降低粽体菌落总数至10 CFU/g以下，能有效抑制微生物生长，且对粽子的质构特性影响较小。双氧水体积分数为3%时，粽子气味良好且粽叶颜色适中，感官品质较好。因此，优选体积分数3%双氧水对发芽糙米粽进行保鲜处理。在此保鲜工艺条件下，发芽糙米粽在25 ℃下储藏15 d后，酸价≤3.0 mg/g，过氧化物质量分数≤0.15%，均符合标准；γ-氨基丁酸质量分数在储藏过程中基本保持不变。

关键词：发芽糙米粽；保鲜；双氧水；储藏
中图分类号：TS 21　**文章编号：**1673-1689(2021)01-0051-07　**DOI：**10.3969/j.issn. 1673-1689.2021.01.007

Development of Germinated Brown Rice Dumplings and Its Fresh Keeping Technology

ZHANG Ying[1,2]，*HE Jian*[1,2]，*FENG Wei*[1,2]，*WANG Tao*[1,2]，*WANG Ren*[*1,2]，*YU Qiusheng*[1,2]，*CHEN Zhengxing*[1,2]
（1. National Engineering Laboratory for Cereal Fermentation Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China; 2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, China）

Abstract: To improve the texture of re-sterilized rice dumplings, a novel germinated brown rice dumplings was investigated with a similar quality with the fresh prepared rice dumplings. With defined addition of germinated brown rice, the effects of fresh-keeping treatments, including hydrogen peroxide spray, hydrogen peroxide spray combined with deoxidization package, and hydrogen peroxide spray combined with alcohol sustained-release tablets, on the preservation and sensory properties of the dumplings were evaluated. The results showed that the dumplings prepared with 51% of germinated brown rice had a natural color and relatively intact structure. The three treatments decreased the aerobic plate count of the dumplings below to 10 CFU/g, which significantly inhibited the microorganisms and less impacted on the texture. The rice dumplings exhibited good smell, natural color, and better sensory properties treated with 3% of hydrogen

收稿日期：2019-11-04
基金项目：国家“十三五”重点研发计划项目(2017YFD0401103，2017YFE0122600)。
*通信作者：王　韧(1980—)，男，博士，副教授，主要从事粮食精深加工技术研究。E-mail：nedved_wr@jiangnan.edu.cn

peroxide, which was then preferred as the preservation condition. Processed in this condition and stored at 25℃ for 15 days,the acid value of germinated brown rice dumplings was lower than 3.0 mg/g and the peroxide value mass fraction was less than 0.15%, according with the standard. In addition, the content of γ-aminobutyric acid remained unchanged during storage.
Keywords: germinated brown rice dumpling, fresh-keeping, hydrogen peroxide, storage

发芽糙米是一种全谷物食品,具有丰富的营养与高含量的γ-氨基丁酸(γ-aminobutyric acid, GABA)[1]。目前,发芽糙米的研究主要集中在对发芽方式的改良以提高GABA的含量和食用品质上[2]。通过发芽工艺优化、超声处理和逆境胁迫等方式富集糙米中的GABA含量,同时一定程度上富集谷胱甘肽、谷维素、阿魏酸等营养物质。前期研究结果表明,通过通气和钙离子二重胁迫萌发提升发芽糙米的GABA质量分数至28.18 mg/hg[3]。然而,尽管糙米发芽工艺取得了进步但发芽糙米的普及率和接受度仍旧不高[4]。究其原因,主要是由于发芽糙米食品品种较少。

粽子是一种传统食品,可以作为发芽糙米的优质载体。粽子是由箬叶包裹的米团块,在箬叶的保护下,粽体的氧化和表面水分的挥发得到减缓[5]。不仅如此,箬叶在粽子的防虫防腐方面也能起到一定的功效。但是,仅依靠箬叶的保鲜作用无法满足保鲜粽的货架要求。目前,市售的粽子普遍采用二次杀菌的方式,即在裹粽、蒸煮、包装后进行121 ℃、30 min的热杀菌处理[6]。经过蒸煮和杀菌的二次热加工,粽子的质地下降,其感官品质与新鲜粽相差较大[7],且部分营养物质也在该过程中遭到破坏。

双氧水(食品级)是一种性能优良、安全高效的杀菌剂,在高温下即可分解成氧气和水,不会产生有害物质,也不会对环境造成二次污染[8]。因此,为了达到新鲜粽的口感,同时尽量减少营养物质如γ-氨基丁酸的损失,作者首先通过糙米粽体的质构变化来确定糙米粽的最佳配比。采用一次灭菌法,即将粽子预煮后立即进行灭菌,探究不同体积分数的双氧水保鲜剂以及包装中添加脱氧包和乙醇缓释片对粽子的保鲜效果和感官品质的影响。进行15天的储藏,探究不同保鲜处理对粽子的酸价、过氧化值和γ-氨基丁酸含量的影响,以期获得一种在短期内能够保证发芽糙米粽感官品质的保鲜技术。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

1.1.1 材料与试剂 糙米:皖糯1号,糯稻,购自江苏淮安米市。糯米、粽叶:市售;耐高温蒸煮袋、真空保鲜袋:德清拜杰家居用品贸易有限公司产品;脱氧包(100型)、乙醇缓释片(30型):杭州家爽包装材料有限公司产品。

1.1.2 主要仪器与设备 高效液相色谱仪(Agilent 1260 Series型)、液相色谱柱(ZORBAX SB-Aq型):美国Agilent公司产品;物性分析仪(TA.XTPlus型):英国SMS公司产品。

1.2 方法

1.2.1 发芽糙米 发芽糙米的制备采用通气与钙离子双重胁迫萌发的方式制备。将糙米用质量分数0.5%的NaClO溶液浸泡0.5 h后,用去离子水清洗3次。所得糙米用3.5 mmol/L的$CaCl_2$溶液浸泡发芽21 h后进行通气处理9 h。总发芽时间为30 h。将发芽糙米用去离子水清洗3次,40 ℃烘干,所得样品存于干燥器中备用。

1.2.2 发芽糙米粽的制备 按传统工艺制备粽子。将预煮灭菌后的发芽糙米粽置于灭菌的毛巾上1 h,使粽子自然冷却。随后对粽子进行保鲜处理,用经过紫外线杀菌的喷瓶向粽子表面喷洒不同浓度的保鲜剂。每个粽子表面喷5次,保鲜剂用量为(3.55±0.08) g。待粽子表面稍干后进行热封口包装,包装袋选用真空食品袋,一个粽子为一个包装单位,添加的脱氧包和乙醇缓释片的数量均为一包或一片,保鲜处理全程在超净台中进行。

1.2.3 质构的测定 将发芽糙米粽加热后冷却至室温进行质构分析。参考陈云辉[9]测定粽子质构的方法并稍加修改:去除粽叶和肉馅后,对于剩余粽子样品,称取15 g并整理成模具形状后进行TPA测定。在TPA模式下,采用P/25柱形探头,测前速度为1.0 mm/s,测时速度为0.5 mm/s,返回速度1.0

mm/s,压缩比例为 60%,两次下压间隔为 5 s,触发力为 5 g。平行测定 5 次,最终结果取平均值。

1.2.4 微生物指标评价 根据 SB/T 10377—2004 中新鲜类粽子的微生物指标要求,测定菌落总数、大肠菌群、霉菌计数、致病菌(沙门氏菌和金黄色葡萄球菌)。参照 GB 4789.2—2016、GB 4789.3—2016、GB 4789.15—2016、GB 4789.5—2012 和 GB 4789.10—2016 进行。

1.2.5 感官评价 粽子的感官评价采用标度法,按照要求选取品评小组 15 人,将不同的粽子置于不同编号的白色瓷盘上,在评价前不向品评员描述粽子的区别。由于粽子在感官评价前需要进行加热处理,保鲜粽的感官评价指标分为加热前和加热后两部分,加热前主要评价粽子的气味,加热后主要评价粽子的气味和口感,整体接受度为总分(100 分)折算(20 分)后进行比较。具体的评价指标见表 1。

表 1 保鲜粽的感官评价指标及评分标准

Table 1 Sensory evaluation criteria and rating range of rice dumplings

评价指标		评分标准	评分
粽叶	粽叶颜色(20 分)	粽叶青翠,颜色呈青绿色,表面鲜亮	14~20
		粽叶颜色较暗,发黄,表面暗淡	7~13
		粽叶颜色极深,表面无光泽	0~6
	加热前气味(20 分)	有粽叶清香	16~20
		无香气也无异味	11~15
		有乙醇气味	6~10
		有脂肪哈败等不愉悦气味	0~5
粽体	色泽(20 分)	有光泽,颜色分布均匀	14~20
		稍有光泽,颜色分布不均匀	7~13
		无光泽,米粒间颜色差别明显	0~6
	气味(20 分)	有浓郁的粽香	14~20
		无粽香但有米香味	7~13
		有脂肪哈败等异味	0~6
	口感(20 分)	粽体软硬适中,风味丰厚	14~20
		粽体稍硬或稍软,味道一般	7~13
		粽体太硬或软烂不成型,有异味	0~6

1.2.6 酸价、过氧化值的测定 酸价的测定参照 GB 5009.229—2016,过氧化值的测定参照 GB 5009.227—2016。由于粽子中油脂主要为肉馅中的猪肉脂肪,因此在测定前将粽子冷冻干燥后磨粉提取油脂,每个样品油脂的用 5 只粽子提取。

1.2.7 γ-氨基丁酸的测定 参照 Hayat[10]的方法采用柱前衍生法测定。

1.3 数据分析

所有试验均重复 3 次,结果以平均值±标准差表示。应用 SPSS 软件进行方差分析,显著性分析采用 Duncan's 多重检验,$P<0.05$ 表示差异显著,$P<0.01$ 表示差异极显著。

2 结果与分析

2.1 不同配比的发芽糙米粽的评价

2.1.1 不同配比的发芽糙米粽外观图 不同配比的发芽糙米粽形貌如图 1 所示,从左至右的发芽糙米添加量分别为质量分数 0%(白米粽)、51%(半糙米粽)和 100%(全糙米粽)。发芽糙米的添加量对粽子的外观有较大的影响。糯米在润米阶段受到酱油等调味料的腌制,粽体颜色呈现深棕红色。其中,发芽糙米纤维皮层的存在阻碍了调味料的浸入,导致 51%和 100%添加量的粽体颜色较浅。此外,纤维皮层也降低了米粒的持水性,使得半糙米粽和全糙米粽的黏性较低,粽体结构较为松散。相比之下,白米粽的粽体较为完整而紧致。

2.1.2 不同配比的发芽糙米粽质构的测定 将上述 3 种粽子进行 TPA 全质构分析,结果如表 2 所示。白米粽(0%添加量)的硬度数值为 2 027 g,半糙米粽(51%添加量)的硬度为 1 709 g,全糙米粽(100%添加量)的硬度达到 1 757 g,3 类粽子在硬度方面没有显著性差异。硬度的变化主要与粽体水分的蒸发有关,将粽子加热后凉至室温进行测定,不同添加量的粽子在冷却后的硬度未表现出显著



图 1　不同配比的发芽糙米粽粽体

Fig. 1　Dumplings with different proportions of germinated brown rice

差异(P>0.05)。尽管如此,白米粽的硬度数值比半糙米粽和全糙米粽高 300 g 左右，可能是由于粽子内部水分的迁移导致硬度发生变化。白糯米没有皮层的保护,在制样测定的过程中水分的挥发速度相对较快[11],因此硬度较高。弹性表示样品经过一次压缩后能够再恢复的程度，全糙米粽的弹性为 0.87,高于白米粽(0.81),可能是发芽糙米的纤维皮层导致米粒在受到外力时不易破裂,反而表现出一定的回弹性。发芽糙米粽的黏性、咀嚼性和胶黏性都比白米粽低,黏性下降 1000 g·s,咀嚼性下降 150 g,而胶黏性下降 300 左右,这是因为发芽糙米的皮层纤维阻碍了胚乳的溶出，也降低了米粒之间的黏性,这与粽体形貌的观察结果一致。为提高发芽糙米利用率,提高发芽糙米在保鲜粽中的比例能更好地发挥经济效益,然而,2.1.1 结果表明,相比于白米粽,糙米粽因为持水性的限制导致粽体结构较为松散,且糙米比例提升至 100%后松散程度加重。因此,结合图 1 所示粽体表观,以及糙米在发芽过程中可能受到空气与水中微生物的影响,为保持粽体较高的感官品质,后续选择 51%添加量的发芽糙米粽进行保鲜技术的研究。该糙米比例下,粽体结构较为完整紧实,且符合糙米制品的定义。

表 2　不同配比的发芽糙米粽质构特性

Table 2　Texture properties of dumplings with different proportions of germinated brown rice

发芽糙米质量分数/%	硬度/g	弹性	黏性/(g·s)	咀嚼性/g	胶黏性
0	2027±102^{a}	0.81±0.01^{a}	−3108±346^{a}	660±55^{b}	819±70^{b}
51	1709±247^{a}	0.83±0.06^{ab}	−2185±508^{b}	482±99^{a}	579±100^{a}
100	1757±387^{a}	0.87±0.04^{b}	−2026±197^{b}	458±96^{a}	526±116^{a}

2.2　保鲜处理对发芽糙米粽的影响

2.2.1　*不同保鲜方式对粽子微生物指标的评价*　将预煮灭菌的发芽糙米粽进行抑菌处理,分别在粽子表面喷洒体积分数 2%、3%、4%的双氧水,另外再设置体积分数 3%双氧水和脱氧包、体积分数 3%双氧水与脱氧包、乙醇缓释片的处理组,不进行任何保鲜处理的糙米粽作为空白,结果如表 3 所示。经过 15 d、30 ℃的储藏，空白组的菌落总数为 160 CFU/g，大肠菌群数<30 MPN/hg，霉菌数小于 10 CFU/g，金黄色葡萄球菌和沙门氏菌这两种致病菌均未检出;保鲜处理的粽子菌落总数均<10 CFU/g,大肠菌群数<30 MPN/hg，霉菌数小于 10 CFU/g,金黄色葡萄球菌和沙门氏菌这两种致病菌也均未检出。微生物结果表明这几种保鲜处理均能抑制微生物的生长，满足行业标准 SB/T 10377−2004 中新鲜类粽子的微生物指标要求。这是因为粽子外部被箬叶包裹,箬叶具有抗菌抑菌的功能[12],糙米粽的包装环境也模拟无菌环境,在双氧水抑菌处理后微生物得到有效的控制。整体而言,在不同保鲜方式的处理下,发芽糙米粽的微生物指标均符合要求。

2.2.2　*不同保鲜方式对粽子质构的影响*　为了探究糙米粽在不同的保鲜处理下质构特性的变化情况,将粽子进行质构测试,结果如表 4 所示。不同保鲜处理后的粽子在硬度、弹性、黏性、咀嚼性和胶黏性方面呈现不同的变化。体积分数 2%和 3%双氧水处理的保鲜粽的硬度分别为 1 352 g 和 1 419 g,明显低于空白的硬度(1 773 g),但 4%双氧水处理后粽子的硬度为 1 605 g,与空白组无显著差异(P>0.05),而加入脱氧包的粽子硬度为 2 176 g 和2 284 g,均显著增加(P<0.05)。这可能是因为保鲜处理是通过喷淋方式涂在粽子表面的箬叶上,箬叶对粽体的隔绝作用可以避免保鲜剂影响粽体的品质。但是过氧化氢经分解后产生氧气和水,水分的增加可能引起粽子硬度的降低。脱氧包为铁系脱氧剂,除了含

表 3 不同保鲜处理的微生物评价结果

Table 3 Microbial evaluation results of different preservation treatments

保鲜处理	菌落总数/(CFU/g)	大肠菌群/(MPN/hg)	霉菌/(CFU/g)	金黄色葡萄球菌	沙门氏菌
空白	160	<30	<10	未检出	未检出
体积分数 2%双氧水	<10	<30	<10	未检出	未检出
体积分数 3%双氧水	<10	<30	<10	未检出	未检出
体积分数 4%双氧水	<10	<30	<10	未检出	未检出
体积分数 3%双氧水+脱氧包	<10	<30	<10	未检出	未检出
体积分数 3%双氧水+脱氧包+乙醇缓释片	<10	<30	<10	未检出	未检出

表 4 不同保鲜处理对发芽糙米粽质构的影响

Table 4 Effects of texture properties of different preservation treatments on the germinated brown rice dumplings

保鲜处理	硬度/g	弹性	黏性/(g·s)	咀嚼性/g	胶黏性
空白	$1\ 773\pm50^{c}$	0.74 ± 0.02^{a}	$-1\ 442\pm208^{b}$	499 ± 59^{ab}	684 ± 72^{b}
体积分数 2%双氧水	$1\ 352\pm59^{a}$	0.72 ± 0.04^{a}	$-1\ 497\pm54^{b}$	366 ± 7^{a}	513 ± 39^{a}
体积分数 3%双氧水	$1\ 419\pm21^{ab}$	0.76 ± 0.06^{a}	$-2\ 451\pm508^{a}$	413 ± 68^{ab}	541 ± 45^{a}
体积分数 4%双氧水	$1\ 605\pm111^{bc}$	0.77 ± 0.01^{a}	$-2\ 848\pm195^{a}$	523 ± 84^{b}	676 ± 12^{b}
体积分数 3%双氧水+脱氧包	$2\ 176\pm28^{d}$	0.74 ± 0.03^{a}	$-2\ 465\pm28^{a}$	504 ± 39^{b}	735 ± 12^{b}
体积分数 3%双氧水+脱氧包+乙醇缓释片	$2\ 284\pm135^{d}$	0.80 ± 0.03^{a}	$-2\ 530\pm111^{a}$	702 ± 19^{c}	879 ± 62^{c}

有铁粉外,还存在一定比例的活性炭和食盐,在密闭环境中具有吸收氧气的作用[13],但粽子的含水量极高,活性炭的存在可能导致粽子水分的损失。此外,30 ℃的储藏也可能引起表面水分的蒸发,导致粽子硬度增加。不同的保鲜处理对粽子的弹性无明显的影响,弹性均保持在 0.7~0.8 之间。黏性的变化表现为,体积分数 3%和 4%双氧水处理后呈上升趋势,由空白组的−1 442 g·s 和 2%双氧水处理的−1 497 g·s 增加至−2 400~−2 800 g·s。咀嚼性变化差异较小,胶黏性在添加乙醇缓释片的处理组中显著增加(P<0.05),由 684 g·s 增加至 879 g·s。可见,在 15 d 的储藏中,只采用双氧水处理可降低粽子的硬度,优于添加脱氧包和乙醇缓释片的效果。

2.2.3 不同保鲜方式对粽子感官评价的影响 感官评价是衡量一个产品最常用的方式。对 6 种处理过的保鲜粽进行感官评价。考虑到粽子食用前需要进行加热,而加热前后的气味会发生变化,因此,在保鲜粽的感官评价分为加热前和加热后的两部分,加热前的评价指标主要为粽叶颜色和粽子气味,加热后则分为粽体色泽、香气和口感。具体结果见图 2。空白组和 2%双氧水处理组的粽子粽叶颜色均优于其他处理组,体积分数 4%双氧水处理的粽子粽叶颜色评分最低,不到 11 分。3%双氧水处理的粽子在加热前气味的评分最高,达到 17 分,其次为体积分数 4%双氧水,达到 17 分,空白组和添加乙醇缓释片的处理组在加热前的气味评分均最低,为 9 分左右。粽体色泽和口感在各处理组之间差别不大,粽体气味表现为对照和添加脱氧包的处理组评分略低,为 16 分左右。

空白组在加热前的气味评分远低于保鲜处理组,而加热后粽子气味的评分与保鲜处理组差别较小,这说明保鲜处理能有效抑制储藏过程中不愉悦气味因子的产生。该气味在加热后挥发,因此加热后的空白组未见不愉悦气味。对于粽叶颜色的评分,空白和体积分数 2%双氧水处理对粽叶的颜色影响较小,体积分数 3%、4%双氧水处理后粽叶的颜

色较深,可能是由于双氧水体积分数偏高,与粽叶直接接触后强氧化性对色泽产生了影响[14]。对于粽体的色泽和口感而言,空白和保鲜处理未见明显区别。粽体气味的差异主要表现在,添加脱氧包的处理组加热前均损失了粽叶特有的香气,在加热后也可见粽体的香气的减弱,这可能是由于脱氧包中存在一些吸附物质,吸附了粽体散发的香味物质。总体而言,保鲜处理能有效控制粽子在储藏过程中的气味,体积分数 3%双氧水处理能达到较理想的效果。

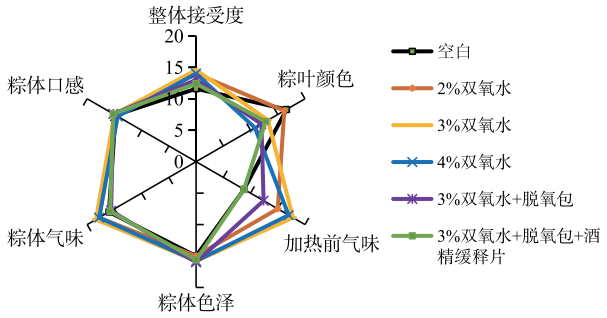


图 2　保鲜粽的感官评定雷达图

Fig. 2　Radar map of sensory quality evaluation of fresh keeping rice dumplings

2.3　发芽糙米粽储藏稳定性分析

由于 2.2.1 中粽子在 30 ℃条件下储藏 15 d 后微生物指标仍符合行业标准,因此,在糙米储藏稳定性分析中，只研究发芽糙米粽在 25 ℃条件下的酸价和过氧化值变化。此外,还对储藏过程中发芽糙米粽的 GABA 含量变化进行研究。

2.3.1　储藏过程中酸价和过氧化值的变化　发芽糙米粽在 25 ℃储藏过程中酸价和过氧化值的变化如图 3 所示。经过 15 d 的储藏,添加量为质量分数 51%的糙米粽酸价和过氧化值均呈上升趋势，但是整体数值变化较小。第 15 d 的糙米粽酸价低于 2.0 mg/g，过氧化值低于 0.15%，均符合 SB/T 10377–2004 中理化卫生指标的要求:酸价≤3.0 mg/g、过氧化值质量分数≤0.15%。由于保鲜粽的货架期较短,基本为 15 d 左右。在 25 ℃储藏温度下,酸价和过氧化值的变化主要由鲜肉中的脂类缓慢氧化引起,但是有箬叶的保护和粽子致密的结构层的阻隔,鲜肉中的脂类氧化程度较缓慢[15]。

2.3.2　储藏过程中 γ–氨基丁酸的变化　GABA 质量分数是发芽糙米粽区别于普通粽子的一项重要指标。由图 4 可以看出，发芽糙米粽在 25 ℃储藏

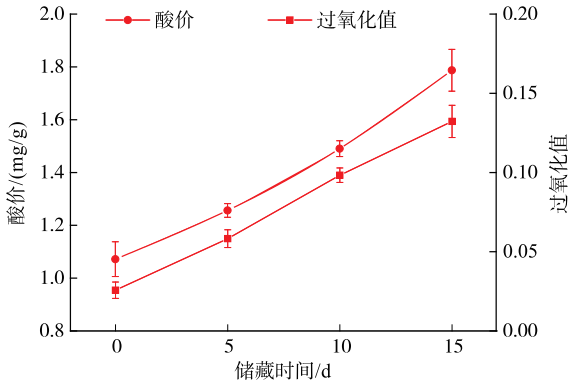


图 3　糙米粽储藏过程中酸价和过氧化值的变化

Fig. 3　Changes of acid value and peroxide value during the storage of brown rice dumplings

15 d 的过程中，其 GABA 质量分数基本没有变化，维持在大约 15 mg/hg 的水平。GABA 是一种较为稳定的水溶性氨基酸,因此在储藏过程中几乎没有损失。本研究中发芽糙米粽的 GABA 质量分数处在一个较低的水平,主要原因应该是在粽子的制备过程中发芽糙米与白糯米进行了复配,发芽糙米的添加量为质量分数 51%,因此粽子中的 GABA 质量分数相当于被“稀释”了;此外,在粽子的制备过程中,尤其是在煮粽步骤,也可能会造成部分 GABA 流失在粽汤中,导致发芽糙米粽中 GABA 质量分数的减少。

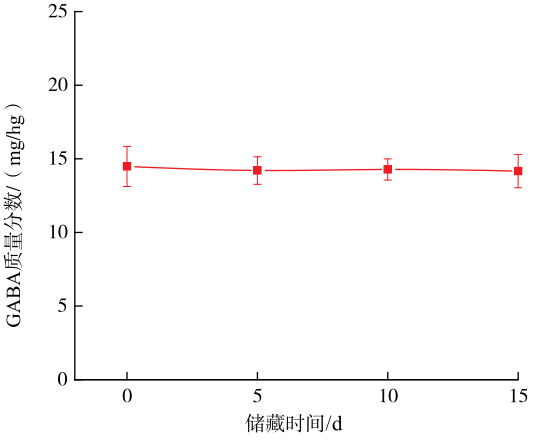


图 4　糙米粽储藏过程中 GABA 质量分数的变化

Fig. 4　Changes of GABA content during the storage of brown rice dumplings

3　结　语

综合考虑粽子的外观和口感需求，确定了以 51%的发芽糙米添加量来制作保鲜粽。多种保鲜工艺均能有效抑制粽体的微生物生长,通过质构分析

和感官评价，优选出体积分数3%双氧水喷淋处理作为发芽糙米粽的最佳保鲜工艺条件。发芽糙米保鲜粽具备较好的储藏性能，在25 ℃下储藏15 d后，其酸价和过氧化值均符合国家相关标准，γ-氨基丁酸质量分数基本保持不变。

参考文献：

[1] CáCERES P J，MARTíNEZ-VILLALUENGA C，AMIGO L，et al. Maximising the phytochemical content and antioxidant activity of Ecuadorian brown rice sprouts through optimal germination conditions[J]. **Food Chemistry**，2014，152(2)：407-414.
[2] 吴凤凤，臧楠，杨哪，等. 浸泡处理对发芽糙米蒸煮食用品质的影响[J]. 中国粮油学报，2009，24(7)：6-9.
[3] 张颖，何健，王涛，等. 通气和金属离子双重胁迫对糙米萌发富集γ-氨基丁酸的影响[J]. 食品与机械，2019，35(5)：55-60.
[4] 杨椰. 发芽糙米研发进展[J]. 粮油食品科技，2011，19(3)：19-23.
[5] 李卢娟. 糯米及箬叶对白米粽感官品质的影响研究[D]. 无锡：江南大学，2016.
[6] 祝敏华. 高真空粽子制作工艺[P]. 中国专利：CN200710194948.5. 2009-06-09.
[7] 梁锐鸿，李汴生，陈云辉. 蒸煮温度对粽子品质的影响[J]. 食品工业，2011，(8)：44-47.
[8] 汪永超. 食品级双氧水及其在食品行业中的应用[J]. 食品工业科技，2004，(3)：141-142.
[9] 陈云辉. 粽子的蒸煮等加工特性分析及其工艺优化[D]. 广州：华南理工大学，2013.
[10] HAYAT A，JAHANGIR T M，KHUHAWAR M Y，et al. HPLC determination of gamma amino butyric acid （GABA） and some biogenic amines（BAs） in controlled，germinated，and fermented brown rice by pre-column derivatization[J]. **Journal of Cereal Science**，2015，64(64)：56-62.
[11] 潘银珠，张坤生，任云霞. 冷却对熟粽子品质的影响[J]. 中国食品学报，2015，15(5)：140-146.
[12] JIA S，HANG X，JIN Y，et al. Chemical constituents and antibacterial properties of *Indocalamus latifolius* leaves，the packaging material for “Zongzi”[J]. **Molecules**，2015，20(9)：15686-700.
[13] 郑晓燕. 铁系脱氧剂的开发及其在糕点脱氧包装保藏的研究[D]. 重庆：西南大学，2009.
[14] TRIPPI V S，GIDROL X ，PRADET A. Effects of oxidative stress caused by oxygen and hydrogen peroxide on energy metabolism and senescence in oat leaves[J]. **Plant & Cell Physiology**，1989，30(2)：157-162.
[15] 徐惠萍. 鲜肉粽货架期品质变化及其机理研究[D]. 杭州：浙江工商大学，2010.

科　技　信　息

华中农业大学揭示稻米中油脂合成的新途径

近日，华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室、生命科学技术学院水稻分子育种团队在 *Molecular Plant* 在线发表了题为“Genetic Architecture and Key Genes Controlling the Diversity of Oil Composition in Rice Grain”的研究论文，研究鉴定了水稻胚乳中11个油脂相关性状的99个QTL，克隆了4个对油脂组成自然变异有重要贡献的新基因，提出了水稻籽粒油脂生物合成的新途径，解析了稻米油脂合成遗传基础的最新研究成果。

稻米中的脂类不仅是大米重要的营养成分，也是米饭的重要蒸煮食味品质和储藏品质性状。稻米米糠油具有良好的饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸比例，是谷维素的唯一来源，也是健康的食用油之一。因此，优质水稻品种油脂的含量对稻米食味影响非常重要，但其遗传机理还不清楚。

该研究利用GC-MS鉴定了533份多样性的栽培稻种子中脂肪酸的组分和含量，发现各种脂肪酸组分存在广泛的变异并且在栽培稻亚群之间存在明显的差异。通过全基因组关联分析，研究团队共鉴定了46个显著性位点，其中16个位点在3个RIL群体中被重复检测到。团队克隆了 *OsPAL6*、*OsLIN6*、*OsMYR2* 和 *OsFAE6* 等显著影响油脂含量及组分的新基因，解析了其自然变异的遗传基础，为优质水稻育种提供了重要理论依据。。

［信息来源］华中农业大学南湖新闻网. 我校揭示稻米中油脂合成的新途径 [EB/OL]. (2020-12-10). http://news.hzau.edu.cn/2020/1210/59045.shtml