

预处理对冻干南美白 对虾仁贮藏品质的影响

林雯雯,石启龙*,牛东泽,孙志文

(山东理工大学农业工程与食品科学学院,山东淄博 255049)

摘要:为提高冻干南美白对虾仁的贮藏稳定性,分别以麦芽糊精(MD)、乳清分离蛋白(WPI)及麦芽糊精-乳清分离蛋白混合物(MD-WPI)为渗透脱水剂,以蒸馏水处理作为对照组,以虾青素含量、表观密度、复水比和持水力为指标,探讨不同渗透脱水预处理对冻干虾仁贮藏品质的影响。结果表明,MD预处理能有效地保持冻干虾仁组织结构稳定性,抑制虾仁塌陷变形,提高虾仁的持水力;WPI预处理在一定程度上降低了冻干虾仁的虾青素损失率和表观密度,同时提高了虾仁的持水力。MD、WPI渗透脱水预处理有助于提高冻干虾仁的贮藏稳定性。

关键词:南美白对虾,渗透脱水,冷冻干燥,麦芽糊精,乳清分离蛋白

Effects of pretreatment on quality characteristics of freeze dried white shrimp (*Penaeus vannamei*) during storage

LIN Wen-wen, SHI Qi-long*, NIU Dong-ze, SUN Zhi-wen

(School of Agricultural Engineering and Food Science, Shandong University of Technology, Zibo 255049, China)

Abstract: To improve the storage stability of freeze dried shelled shrimps, effects of different osmotic dehydration agents, i.e. maltodextrin, whey protein isolate, combination of maltodextrin and whey protein isolate on the astaxanthin content, apparent density, rehydration ratio, and water hold capacity were investigated. Effects of treatment with distilled water, considered as a control group were also compared to investigate the efficiency of treatments. The results showed that osmotic dehydration with maltodextrin as agent before freeze drying could effectively maintain the structure stability, inhibit the deformation and increase the water hold capacity of freeze dried shelled shrimps. Osmotic dehydration with whey protein isolate as agent could decrease astaxanthin loss rate and apparent density, and increase water hold capacity of freeze dried shelled shrimps. Storage stability of freeze dried shelled shrimps could be improved by osmotic dehydration treatment with maltodextrin and whey protein isolate as osmotic agents.

Key words: *Penaeus vannamei*; osmotic dehydration; freeze drying; maltodextrin; whey protein isolate

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)15-0330-04

doi: 10.13386/j.issn1002-0306.2014.15.064

南美白对虾(*Penaeus vannamei*)富含蛋白质、氨基酸、维生素和矿物质,而且虾肉中含有丰富的不饱和脂肪酸,对防治高血脂、动脉粥样硬化和心脑血管疾病等有良好的作用^[1-2]。南美白对虾蛋白质和水分含量较高,多酚氧化酶含量丰富,导致虾肉极易出现褐变、脂质氧化和蛋白质变性等现象^[3]。冷冻干燥(简称冻干)是保藏易腐食品的有效方法,然而冻干虾仁贮藏过程中易出现虾青素氧化和复水力下降等问题^[4]。崔宏博等^[4-5]研究表明,虾肉贮藏过程中,水分由中间水向自由水转变是导致虾肉复水力下降的关键因素。冻干虾仁质量变化包含2部分,即冷冻

过程中和冻干后贮藏过程中。冷冻过程引起虾肉细胞结构变化,产生无定形和多孔性结构。因此,抑制虾肉冷冻过程中细胞变化是维持冻干产品质量的首要因素。渗透脱水预处理在一定程度上能提高冷冻产品质量。Dermesonlouglou等^[6]研究表明,低聚果糖和麦芽糊精(MD)作为渗透脱水剂能显著提高冷冻黄瓜质量。Lowithun和Charoenrein^[7]研究了不同糖类对红毛丹果冷冻保护效果影响,结果表明,蔗糖溶液渗透脱水处理后的冷冻红毛丹果口感、质地较高。近年来,渗透脱水前处理提高冷冻(或冻干)产品质量的报道逐渐增多,例如菠萝^[8]、胡萝卜^[9]、海竹笋^[10]、豆芽^[11]、番木瓜^[12]。但是渗透脱水预处理对水产品尤其是南美白对虾冻干产品稳定性影响尚未见报道。本文以MD、乳清分离蛋白(WPI)及麦芽糊精-乳清分离蛋白混合物(MD-WPI)作为渗透脱水剂,以蒸馏水处理作为对照,研究不同渗透脱水剂处

收稿日期:2014-02-21 *通讯联系人

作者简介:林雯雯(1988-),女,硕士生,研究方向:水产品加工与保藏。

基金项目:国家自然科学基金项目(31171708);山东理工大学青年教师发展支持计划资助项目(110033)。

理对冻干南美白对虾肉贮藏品质影响, 以期对冻干虾肉品质改善提供理论依据和技术参考。

1 材料与方法

1.1 材料与仪器

鲜活南美白对虾 购于淄博市水产品批发市场, 虾体长 (13.61 ± 0.88) cm, 质量 (15.55 ± 1.20) g; 丙三醇、丙酮、二甲苯、石油醚、氯化钠 均为分析纯 (AR); 麦芽糊精 (MD) (DE 15)、乳清分离蛋白 (WPI) 均为食品级。

DW-FL253 型低温冰箱 中科美菱低温科技有限责任公司; FD-1B-80 型冷冻干燥机 北京博医康实验仪器有限公司; SPX-250B-Z 型生化培养箱 上海博迅实业有限公司; DHG-9623A 型电热恒温鼓风干燥箱 上海精宏实验设备有限公司; SK3310LHC 超声波清洗器 上海科导超声仪器有限公司; GL-20G-2 高速冷冻离心机 上海安亭科学仪器厂; 7230G 紫外-可见分光光度计 上海精密科学仪器有限公司; PL203 型分析天平 梅特勒-托利多仪器有限公司。

1.2 实验方法

1.2.1 样品准备 南美白对虾解冻, 去头、壳, 剔除肠线, 按文献[4]方法烫漂后, 置于冰水中迅速冷却, 放在 4°C 冰箱中冷藏待用。

1.2.2 渗透脱水处理 4 种渗透脱水溶液组成如下: (1) 50% 麦芽糊精溶液 (MD); (2) 10% 乳清分离蛋白溶液 (WPI); (3) 50% 麦芽糊精溶液-10% 乳清分离蛋白溶液 (MD-WPI); (4) 蒸馏水 (CK)。

虾仁 (料液比 = 1:4, g/mL) 分别放于上述 (1)、(2) 和 (4) 渗透脱水溶液中, 在超声波频率 53 kHz、输出功率 144 W、温度 25°C 下处理 0.5 h, 然后继续在 25°C 下渗透脱水 2.5 h。处理 (3): 虾仁在同样条件下先经过 (1) 处理后, 再进行 (2) 处理。处理后的虾仁取出沥干表面水分, 放于 -30°C 冰箱预冻 24 h。预冻后的虾仁进行冻干, 其工艺参数为: 冷阱温度 -84°C , 真空度 5.9 Pa, 时间 72 h。冻干后的虾肉分别用聚乙烯袋包装, 置于 37°C 恒温箱中贮藏 6 周, 每 2 周取样测定指标。实验平行 3 次, 结果取平均值。

1.3 指标测定方法

1.3.1 虾青素含量 分光光度计法^[4]。

1.3.2 表观密度 参考崔宏博等^[4]方法并略作改动。称取一定质量虾仁放于含有 20 mL 二甲苯的量筒中, 记录虾仁放入前后二甲苯体积变化。表观密度用一定体积样品的质量表示 (kg/m^3)。

1.3.3 复水比 参考崔宏博等^[4]方法并略作改动。取一定质量冻干虾仁, 放于 60°C 恒温水浴中 (料液比 = 1:5, g/mL) 复水 20 min, 复水后的虾仁取出后用滤纸擦干表面水分, 称其复水前后质量变化。

$$\text{复水比}(\%) = \frac{M_r - M_0}{M_0} \times 100 \quad \text{式(1)}$$

式中: M_0 为复水前虾仁的质量, g; M_r 为复水后虾仁的质量, g。

1.3.4 持水力 采用离心法^[13]。复水后的虾仁在温度 18°C 、转速 2000 r/min 的下离心 10 min, 称量。虾

仁持水力计算式为:

$$\text{持水力}(\%) = \frac{M_r - M_e}{M_r} \times 100 \quad \text{式(2)}$$

式中: M_e 为虾仁离心后的质量。

2 结果与分析

2.1 虾青素含量

不同渗透脱水预处理对冻干虾仁贮藏过程中虾青素含量的影响如图 1 所示。可以看出, 预处理对虾仁贮藏过程中虾青素含量影响显著。预处理后冻干虾仁虾青素含量高低顺序依次为: MD > WPI > CK > MD-WPI。由于 MD-WPI 预处理过程中超声波处理会产生热效应和机械效应, 从而对虾青素分子结构造成破坏, 导致虾青素含量显著低于其它处理组 ($p < 0.05$)。竹文礼^[10]对海竹笋进行了超声波脱盐处理, 结果表明, 超声波处理时间显著影响海竹笋的颜色和外形, 从而影响干制品复水后的色泽和口感。赵立艳^[14]采用超声波辅助提取雨生红球藻中的虾青素, 结果表明, 超声波处理过程中产生的“气穴”作用会引起局部温度升高和固液界面的机械作用, 虾青素由于超声波功率增加和处理时间的延长而降解。因此, 未来研究中应进一步优化超声波辅助渗透脱水工艺条件。

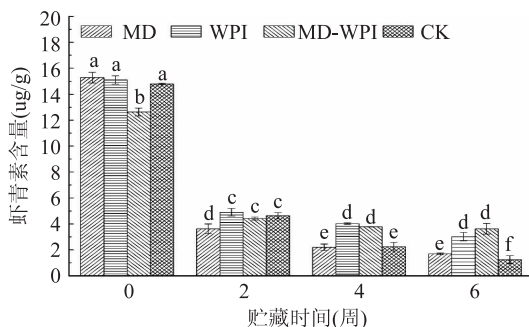


图1 不同预处理对冻干虾仁贮藏期间虾青素含量影响

Fig.1 Effect of pretreatment on astaxanthin content of freeze dried *Penaeus vannamei* during storage

注: 不同小写字母者表示差异显著 ($p < 0.05$), 相同小写字母者表示差异不显著 ($p > 0.05$), 图 2~图 4 同。

随着贮藏时间的延长, 4 种处理组虾仁中的虾青素均有较大程度的损失 ($p < 0.05$), 尤其是贮藏前 2 周时尤为明显。贮藏 6 周后, MD-WPI 预处理的冻干虾仁, 其虾青素损失率为 75%; WPI 和 MD 预处理的冻干虾仁, 其虾青素损失率分别为 80% 和 89%, 而 CK 组虾青素损失率为 92%。因此, MD-WPI 预处理对冻干虾仁贮藏过程中虾青素有较好地保护作用, WPI 预处理次之, 然后是 MD 预处理, 而 CK 组虾青素损失率最高。

虾青素为长链不饱和双键结构体系, 对温度、氧气、光照和紫外线敏感, 极易出现异构和降解。由于 WPI 具有较好的乳化性和成膜性, MD-WPI 预处理的冻干虾仁, 虾仁表面有可能形成一层保护膜, 具有较好地阻气性, 进而抑制虾青素的降解。4 种方法处理的冻干虾仁贮藏期间虾青素损失均较大, 这可能是由于 WPI 的阻气性受到贮藏温度、相对湿度的影

响,因此优化贮藏温度、相对湿度是降低冻干虾仁贮藏过程中虾青素损失的关键问题之一,需进一步研究。

2.2 表观密度

表观密度是反映冻干虾仁组织结构是否塌陷的重要指标。冻干虾仁贮藏过程中,由于贮藏温度高于虾仁的玻璃化转变温度(Glass transition temperature, T_g),导致分子流动性增加,虾仁骨架结构破坏,组织塌陷,单位质量体积减小,从而导致表观密度升高。不同渗透脱水预处理对冻干虾仁贮藏过程中表观密度的影响如图2所示。可以看出,MD和MD-WPI渗透脱水预处理的冻干虾仁表观密度显著高于WPI和CK组($p < 0.05$)。MD作为渗透脱水剂是利用糖液的高渗透压作用,渗透脱水过程中,MD和WPI进入虾仁组织,虾仁冷冻过程中冰晶体的数量降低,冻干虾仁多孔率降低,表观密度增加。刘飞、董会龙等^[11-12]分别对冻干黄豆芽和番木瓜质地进行了研究,得到了相似的结论。WPI预处理后的冻干虾仁表观密度较低的原因可能是由于WPI与虾仁蛋白质相互作用,增大了虾仁蛋白质分子间的静电斥力,抑制了蛋白质聚集,从而使蛋白质结构变的更加疏松,空间增大^[15]。CK组的冻干虾仁,由于虾仁组织含水率较高,冷冻过程中冰晶生成量较多,导致冻干虾仁组织结构较为蓬松,因此表观密度较低。

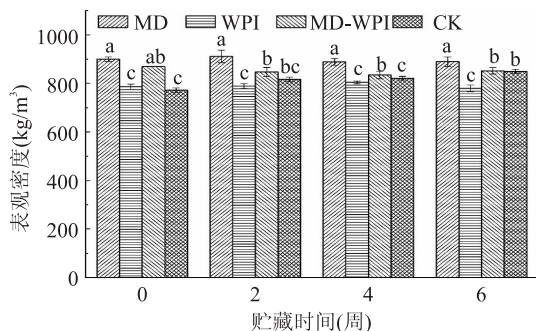


图2 不同预处理对冻干虾仁贮藏期间表观密度影响
Fig.2 Effect of pretreatment on apparent density of freeze dried *Penaeus vannamei* during storage

随着贮藏时间的延长,各处理组冻干虾仁的表观密度变化略有差异。MD、WPI和MD-WPI预处理后的冻干虾仁贮藏期间表观密度变化不大($p > 0.05$);而CK组的冻干虾仁贮藏前4周表观密度无明显变化($p > 0.05$),但是贮藏6周时显著增加($p < 0.05$)。崔宏博等^[4]研究表明,冻干虾仁表观密度随着贮藏时间的延长而不断增加。这可能是由于超声波渗透脱水处理以及渗透脱水剂影响所致。渗透脱水过程中,MD和WPI作为大分子物质进入虾仁组织中,从而提高了冻干虾仁的 T_g 。Rahman^[16]报道:食品的贮藏稳定性在很大程度上取决于体系 T_g 与贮藏温度间的差值,因此MD和WPI预处理能抑制冻干虾仁贮藏过程中组织塌陷,提高其贮藏稳定性。

2.3 复水比

不同渗透脱水预处理对冻干虾仁贮藏过程中复水比的影响如图3所示。可以看出,MD和WPI渗透

脱水预处理显著降低了冻干虾仁的复水比($p < 0.05$)。与WPI相比,MD预处理对冻干虾仁复水比的降低作用尤为显著($p < 0.05$)。其原因可能是渗透脱水过程中高浓度的MD处理导致虾仁过度脱水或堵塞复水通道。WPI预处理降低冻干虾仁复水比的原因可能是WPI与虾仁蛋白相互作用,改变了虾仁蛋白质的空间结构,一方面使其疏水基团暴露,疏水性增强进而导致复水比降低;另一方面相互作用导致蛋白质聚集,降低了产品的复水能力,其原因有待于进一步研究。

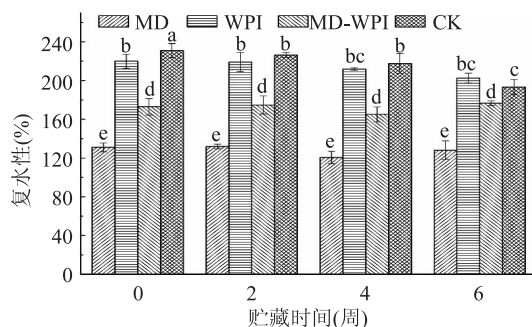


图3 不同预处理对冻干虾仁贮藏期间复水比影响
Fig.3 Effect of pretreatment on rehydration ratio of freeze dried *Penaeus vannamei* during storage

随着贮藏时间的延长,MD、WPI和MD-WPI预处理后的冻干虾仁贮藏期间复水比变化不大($p > 0.05$);而CK组的冻干虾仁贮藏期间复水比则随着贮藏时间的延长而下降($p < 0.05$)。说明渗透脱水预处理能有效保持冻干虾仁贮藏过程中的复水比。这与崔宏博等^[4]的研究结果有所差异,这可能是由于超声波渗透脱水处理以及渗透脱水剂影响所致。

2.4 持水力

不同渗透脱水预处理对冻干虾仁贮藏过程中持水力的影响如图4所示。可以看出,与CK组相比,MD和WPI渗透脱水预处理显著提高了冻干虾仁的持水力($p < 0.05$)。这是因为渗透脱水作用下,MD进入虾仁组织,冻干虾仁组织的亲水性随着MD含量的增加而提高,因此提高了虾仁的持水能力。WPI特有的延伸三维网络结构,形成不可逆的凝胶,从而起到封锁水分、提高持水力的作用^[17]。而CK组由于超声波作用破坏了蛋白质的空间网状结构,降低了虾仁蛋白质亲水基团数量,导致持水力下降。

随着贮藏时间的延长,MD、WPI和MD-WPI预处理后的冻干虾仁贮藏期间持水力变化不大($p > 0.05$);而CK组的冻干虾仁贮藏期间持水力则随着贮藏时间的延长而显著下降($p < 0.05$)。说明渗透脱水预处理能有效保持冻干虾仁贮藏过程中的持水力。

3 讨论

冻干虾仁贮藏过程中出现虾青素含量下降、复水比和持水力下降等现象,同时复水后虾仁中的水分状态变化,出现了中间水向自由水的迁移^[4]。这主要是由于虾仁冷冻、冻干以及干制品贮藏过程中虾肉肌原纤维蛋白束聚集、多孔结构破坏而引起^[4]。这

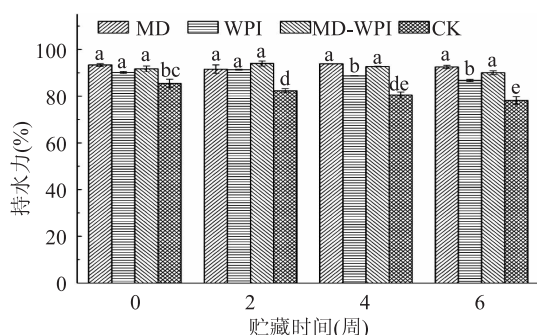


图4 不同预处理对冻干虾仁贮藏期间持水力影响
Fig.4 Effect of pretreatment on water holding capacity of freeze dried *Penaeus vannamei* during storage

些品质劣化可通过玻璃化转变理论解释。新鲜南美白对虾含水率较高,具有较低的 T_g 。冷冻过程中,虾肉处于橡胶态,肌原纤维蛋白束容易聚集。冻干虾仁贮藏期间,环境温度高于 T_g ,因此虾仁处于橡胶态,分子流动性增加,体系黏度降低,各种受分子扩散运动控制的变化反应加快,因此,出现虾青素降解、肌原纤维蛋白束聚集、多孔结果破坏等现象。本文采用渗透脱水技术处理新鲜虾仁,一方面减少了虾仁水分,另一方面还可以使渗透脱水剂(MD和WPI)进入虾仁内部,进而提高鲜虾的 T_g ,减少冷冻过程中虾仁肌原纤维蛋白束聚集。对于冻干后虾仁,由于MD和WPI等大分子物质的添加,冻干后虾仁的 T_g 提高。食品品质劣变速率在很大程度上取决于贮藏温度与食品 T_g 的差值,其值越小,食品质量降解速率越低^[16]。因此,采用MD和WPI处理后的冻干虾仁贮藏期间表观密度、复水比和持水力变化不大。WPI具有良好的乳化性和成膜性,可在虾仁表面形成一层保护性膜,从而起到阻隔氧气和水分的作用,进而保护虾仁虾青素的降解。所以MD-WPI预处理具有一定的抑制虾仁虾青素降解的作用。为了阐明渗透脱水前处理保持冻干虾仁贮藏期品质机理,未来研究需侧重以下3个方面:a.渗透脱水剂对虾仁 T_g 的影响;b.渗透脱水处理后的冻干虾仁贮藏期间水分状态变化;c.冻干虾仁不同温度和相对湿度下贮藏期间品质变化规律及其与 T_g 的关系。

4 结论

超声波辅助渗透脱水预处理对冻干虾仁贮藏品质有显著影响。MD和WPI预处理提高了冻干虾仁持水力;MD预处理抑制了虾仁组织塌陷,但降低了虾仁的复水比。MD-WPI预处理对冻干虾仁贮藏过程中虾青素有较好地保护作用。与CK相比,MD和WPI预处理能较好地保持冻干虾仁贮藏期间的表观密度、复水比和持水力。不同渗透脱水剂对冻干虾仁贮藏品质的影响可能与虾仁的 T_g 有关,未来研究应探讨冻干虾仁贮藏期间水分状态(结合水、自由水

间转化)- T_g -贮藏品质的关系,以期为冻干食品尤其是冻干虾仁贮藏稳定性提供理论依据。

参考文献

- [1] 张高静,韩丽萍,孙剑锋,等.南美白对虾营养成分分析与评价[J].中国食品学报,2013,13(8):254-260.
- [2] 陈晓汉,陈琴,谢达祥.南美白对虾含肉率及肌肉营养价值的评定[J].水产科技情报,2001,28(4):165-168.
- [3] 齐自元,汪之和,施文正.可食性涂膜对南美白对虾微动冷藏的影响[J].食品科学,2012,33(18):261-264.
- [4] 崔宏博,宿玮,薛长湖,等.冷冻干燥南美白对虾贮藏过程中各种变化之间的相关性研究[J].中国食品学报,2012,12(1):141-146.
- [5] 崔宏博,薛勇,宿玮,等.即食南美白对虾贮藏过程中水分状态的变化研究[J].中国食品学报,2012,12(6):198-203.
- [6] Dermesonlouglou E K, Pourgouri S, Taoukis P S. Kinetics study of the effect of the osmotic dehydration pre-treatment to the shelf life of frozen cucumber[J]. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 2008, 9(4):542-549.
- [7] Lowithun N, Charoentien S. Influence of osmodehydrofreezing with different sugars on the quality of frozen rambutan [J]. International Journal of Food Science and Technology, 2009, 44(11):2183-2188.
- [8] Ramallo L A, Mascheroni R H. Dehydrofreezing of pineapple [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 99(3):269-275.
- [9] Ando H, Kajiura K, Oshita S, et al. The effect of osmotic dehydrofreezing on the role of the cell membrane in carrot texture softening after freeze-thawing [J]. Journal of Food Engineering, 2012, 108(3):473-479.
- [10] 竹文礼.海笋笋干燥工艺研究[D].无锡:江南大学,2008.
- [11] 刘飞,麻成金.预处理对冻干黄豆芽品质的影响[J].食品研究与开发,2005,26(6):87-89.
- [12] 董会龙.番木瓜冻干脆片塌陷现象影响因素研究[D].南宁:广西大学,2012.
- [13] Kocher P N, Foegeding E A. Microcentrifuge-based method for measuring water-holding of protein gels [J]. Journal of Food Science, 1993, 58(5):1040-1046.
- [14] 赵立艳.雨生红球藻中虾青素的分离提取及其性质的研究[D].北京:中国农业大学,2006.
- [15] 李凤舞.改善冷冻调理虾仁保水性的研究[D].无锡:江南大学,2010.
- [16] Rahman M S. Food stability determination by macro-micro region concept in the state diagram and by defining a critical temperature [J]. Journal of Food Engineering, 2010, 99(4):402-436.
- [17] 余江,李立.乳清蛋白的功能特性及其在肉类制品中的应用[J].肉类研究,2010,12:83-85.