

臭氧水清洗结合气调包装对鲜切杭白菜保鲜效果的研究

Effect of ozone water combined with modified atmosphere packaging on preservation of fresh-cut Hang cabbage

雷昊 谢晶 乔永祥 张栓栓

LEI Hao XIE Jing QIAO Yong-xiang ZHANG Shuan-shuan

(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

(College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

摘要:以1.8 mg/L臭氧水清洗的鲜切杭白菜为试验材料,研究不同气体组分的气调包装(CK为空气;A为5% O₂+5% CO₂+90% N₂;B为5% O₂+10% CO₂+85% N₂;C为10% O₂+5% CO₂+85% N₂;D为10% O₂+10% CO₂+80% N₂)对鲜切杭白菜保鲜效果的影响。结果表明:B组低氧高二氧化碳的包装能有效地抑制鲜切杭白菜上微生物的生长,保持其较好的感官品质,同时延缓V_C、叶绿素及可溶性固形物含量的降低,防止杭白菜过快失水,有效地保证鲜切杭白菜的货架期在15 d以上。

关键词:杭白菜;鲜切;臭氧;气调包装;保鲜

Abstract: Fresh-cut hang cabbage cleaned by 1.8 mg/L ozone water was selected as the experimental material, the effect of keeping fresh on fresh-cut Hang cabbage was studied by different gas composition modified atmosphere packages, such as CK for air, A for 5% O₂+5% CO₂+90% N₂, B for 5% O₂+10% CO₂+85% N₂, C for 10% O₂+5% CO₂+85% N₂, D for 10% O₂+10% CO₂+80% N₂. It showed that the 5% O₂+10% CO₂+85% N₂, low oxygen and high carbon dioxide packaging could effectively inhibit the growth of microorganisms, keep good sensory quality, and delayed the decreasing of vitamin C, chlorophyll and soluble solids content, prevented the cabbage excessive water loss, which effectively guaranteed the shelf life of fresh-cut Hang cabbage to more than 15 d.

Keywords: Hang cabbage; fresh-cut; ozone water; modified atmosphere packaging; keeping fresh

杭州地区栽培面积较大,以其清脆甘甜的口感、丰富多样的营养物质被广泛食用^[1]。杭白菜是V_C和锰元素极好的摄取来源,而且还富含多酚类物质和花青素,合理食用能起到杀菌消炎、抗氧化的功效,还能一定程度上预防癌症、增强机体免疫功能^[2]。随着消费水平的提高和生活节奏的逐渐加快,生食蔬菜既能快捷高效地完成食材加工,又能极大程度地保持蔬菜的营养成分被人体吸收,因此鲜切杭白菜以其安全、便捷、营养的特点,越来越得到大家的青睐。作为商品化的鲜切蔬菜,如何经过批量采摘、加工贮藏、物流运输、分装商品化等一系列处理,最后到消费者手中时能最大程度地保持其营养价值和新鲜程度是行业关注的焦点,而通过有效清洗、先进的包装来延长鲜切杭白菜的货架期也成为研究热点。

目前,国内外对鲜切蔬菜的保鲜技术主要有:杀菌剂清洗、气调包装、高压处理、真空处理、热处理、辐照处理、添加保鲜剂等^[3],其中,杀菌剂清洗和气调包装相较于其他处理方式,能更好地保持鲜切蔬菜的外观、口感和营养价值。臭氧作为一种强氧化杀菌剂,越来越多地被应用在果蔬的清洗上,不仅能够去除鲜切蔬菜表面的杂质污垢,降解农药残留,还能杀灭有害微生物,延长蔬菜的保鲜期^[4];鲜切蔬菜的气调包装一般采用自发性气调包装(modified atmosphere packaging, MAP)^[5]。朱军伟等^[6]使用10% O₂+5% CO₂+85% N₂包装菠菜,相比于空气包装,能更有效地延缓品质降低、抑制细菌生长,获得了良好的保鲜效果。

目前,国内外对于臭氧清洗及气调包装在蔬菜上的应用逐渐增多,但是对于鲜切杭白菜的混合处理还尚未研究,本试验参考相关文献^[7-11],设计出臭氧水清洗结合不同气体成分气调包装对鲜切杭白菜开展保鲜效果的研究,以期获得一种更为合理有效的处理方式来延长鲜切杭白菜的保鲜期。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与amp;仪器

杭白菜:F1早熟五号,购于上海市浦东新区古棕路菜

杭白菜又称小白菜,是生活中常见的一种蔬菜,在上海

基金项目:国家星火计划项目(编号:2015GA680007);上海市绿叶菜产业体系建设项目

作者简介:雷昊,男,上海海洋大学在读硕士研究生。

通信作者:谢晶(1968—),女,上海海洋大学教授,博士。

E-mail:jxie@shou.edu.cn

收稿日期:2017-03-21

场,选择大小均匀、品质新鲜、无明显缺陷的杭白菜;

O₂、CO₂、N₂:纯度≥99.999%,上海利旦工业气体有限公司;

PCA 平板计数培养基:青岛海博生物技术有限公司;

丙酮、2,6-二氯酚盐、抗坏血酸、碳酸钙粉、十二水磷酸氢二钠、碳酸氢钠、草酸、氯化钠:分析纯,国药集团化学试剂有限公司;

超净工作台:VS-1300L-U型,苏净集团安泰有限公司;

低温恒温培养箱:MIR-554-PC型,日本三洋电机株式会社;

全自动压力蒸汽灭菌器:YXQ-LS-30SH型,上海博讯实业有限公司;

电热鼓风干燥箱:DHG-9053A型,上海一恒科学仪器有限公司;

紫外可见分光光度计:WFZ UV-2100型,上海龙尼柯仪器有限公司;

手持式折光仪:WYT-32型,泉州光学仪器厂;

色彩色差计:CR-400型,日本柯尼卡美能达;

多功能气调包装机:DQB-360W型,上海青葩食品包装机械有限公司;

电冰箱:BCD-216SCM型,青岛海尔股份有限公司。

1.2 试验方法

1.2.1 试验预处理 将采购的新鲜杭白菜及时摘分,挑选色泽均匀,品质良好,无严重破损、虫害的杭白菜,置于1.8 mg/L的臭氧水中,浸泡清洗5 min^[12],洗净表面的污垢及杂质,在常温下通风阴干,随后用已消毒的不锈钢菜刀将杭白菜切割成7~8 cm的小段,备用。

将沥干的鲜切杭白菜随机分为5组,每组包含8~10个包装袋,包装袋选用0.18 mm的PE薄膜可热封透明袋,每袋样品量平均100 g左右,按照表1使用多功能气调包装机,对样品袋进行抽真空、充入混合气并密封。

表1 不同包装方案

Table 1 Different modified atmosphere packaging treatments

组别	类型	气体组成
CK	对照组	空气
A	处理组	5% O ₂ +5% CO ₂ +90% N ₂
B	处理组	5% O ₂ +10% CO ₂ +85% N ₂
C	处理组	10% O ₂ +5% CO ₂ +85% N ₂
D	处理组	10% O ₂ +10% CO ₂ +80% N ₂

将充好气的样品包装袋贮藏于(4±1)℃的冰箱中^[12]。每隔3 d检测样品的感官品质、微生物含量及各项理化指标,如菌落总数、可溶性固形物、叶绿素含量、抗坏血酸含量等。每个指标均进行2~3次平行试验,以保证数据稳定可信,记录平均值及标准差。

1.2.2 测定指标及方法

(1) 菌落总数测定:按 GB 4789.2—2010 执行。

(2) 感官评定:参考文献[13~14],挑选6名专业感官评定人员,从鲜切杭白菜的外观、色泽、气味等多个方面进行独立评分,最后取其平均值,以9分为满分,其中9分为新鲜翠绿、气味清香;5分为品质一般、有部分褐变,有异味;1分为几乎坏掉、腐烂、异味明显、无法食用。

(3) 抗坏血酸含量测定:按 GB 6195—1986 执行。

(4) 叶绿素含量测定:参照文献[15]。

(5) 失重率:按式(1)计算。

$$X = \frac{M_0 - M_1}{M_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中:

X——失重率,%;

M₀——贮藏前样品的重量,g;

M₁——贮藏不同时间样品的重量,g。

(6) 可溶性固形物含量测定:采用折光仪法^[14]。

1.2.3 数据处理 各项指标数据均使用 origin 7.5 软件进行处理及绘图,使用 SPSS Statistics 19 做显著性差异分析。

2 结果与分析

2.1 对抗白菜菌落总数的影响

由图1可知,各试验组在贮藏过程中,菌落总数总体均呈增加趋势,可能是切割过程破坏了杭白菜的细胞组织结构,流出的汁液为细菌提供了营养物质及有利的生长环境^[16],而相较于处理组而言,对照组上升趋势显著(P<0.05)高于其他4个处理组。张立奎^[17]研究表明,当蔬菜表面菌落总数维持在6 lg CFU/g以下时,蔬菜尚可食用,但当菌落总数>6 lg CFU/g时,说明蔬菜已经处于腐败状态,失去食用价值。图1中对照组(CK)在第9天时菌落总数就达到5.94 lg CFU/g,已经处在可食范围的临界点,而处理组普遍在第12天还具有食用价值,其中B组(5% O₂+10% CO₂+85% N₂)在第15天时,菌落总数才达到6.03 lg CFU/g,相较于对照组,有效延长了鲜切杭白菜的货架期,与徐燕新等^[18]采用3% O₂+10% CO₂包装贮藏鲜切生菜将货架期从4 d延长至15 d效果相似,可能是较高浓度的CO₂能抑制细菌的代谢活动,具有一定的抑菌能力^[19]。由此可见,气调包装能有效地抑制细菌生长,延长鲜切杭白菜的货架期。

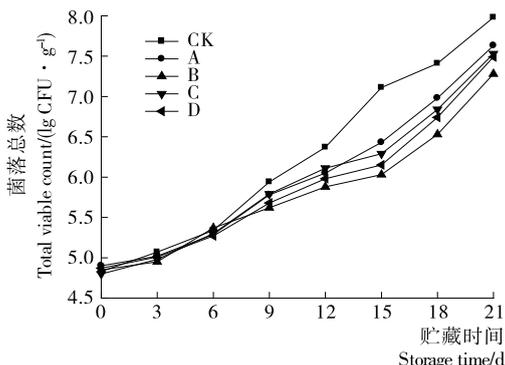


图1 不同气调包装对抗白菜菌落总数的影响

Figure 1 Effect of different modified atmosphere packaging on total viable count of hang cabbage

2.2 对抗白菜感官品质的影响

由图 2 可知,鲜切杭白菜在低温贮藏过程中,感官品质逐渐降低,到贮藏末期出现了部分褐变、腐败的现象,失去食用价值。在前 9 d 中,各组品质变化区别不大,第 9 天之后,对照组下降趋势显著快于各处理组($P < 0.05$)。对照组在第 15 天时感官评分已低至 5 分左右,有部分菜叶变黄、萎蔫并伴有汁液流出,且产生异味,超出了可接受的食用范围。而各处理组感官评分在第 18 天依旧高于 5 分,其中 B 组品质相对较好,仍保持较好的外观,仅有部分变软,无异味产生,可见合理的气调包装能有效地延缓鲜切杭白菜色泽、气味等品质降低,延长产品的货架期。

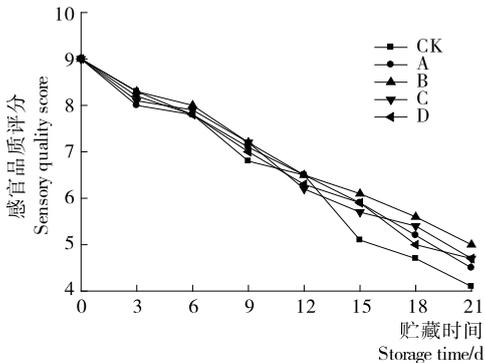


图 2 不同气调包装对抗白菜感官品质的影响

Figure 2 Effect of different modified atmosphere packaging on sensory quality of hang cabbage

2.3 对抗白菜 V_C 含量的影响

由图 3 可知,各试验组在低温贮藏过程中, V_C 含量均呈现下降趋势,其中,对照组下降速率显著($P < 0.05$)高于各处理组,起始均为 $30.3 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 左右,在第 12 天时已下降至 $16.39 \text{ mg}/100 \text{ g}$,而各处理组均在 $18.5 \text{ mg}/100 \text{ g}$ 以上,以 B 组尤为突出,仍维持在 $20.03 \text{ mg}/100 \text{ g}$,D 组也较好地保持在 $19.08 \text{ mg}/100 \text{ g}$,说明合理的气调包装能有效抑制 V_C 被氧化,而低浓度 O_2 高浓度 CO_2 包装能更好地保持 V_C 含量处在较高水平,与华璐云等^[20]使用 $5\% O_2 + 20\% CO_2 + 75\% N_2$ 包装鲜切大白菜在第 16 天 V_C 含量比对照组高出 26% 结果相似,可能是较低浓度的 O_2 首先要满足细胞的呼吸作用,

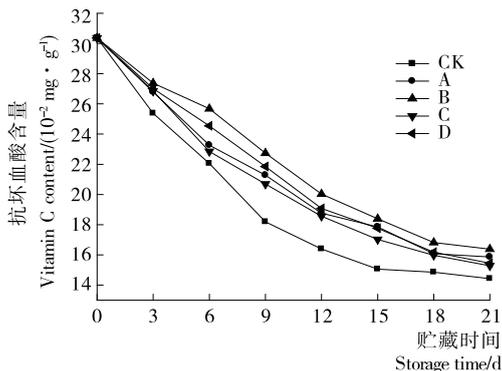


图 3 不同气调包装对抗白菜 V_C 含量的影响

Figure 3 Effect of different modified atmosphere packaging on Vitamin C content of hang cabbage

从而减缓了 V_C 氧化速率,有效保持了鲜切杭白菜的营养价值^[21-22]。

2.4 对抗白菜叶绿素含量的影响

由图 4 可知,随着贮藏时间的增长,鲜切杭白菜的叶绿素含量总体呈下降趋势,样品叶绿素含量初始约为 $0.86 \text{ mg}/\text{g}$,在第 15 天时,对照组含量为 $0.45 \text{ mg}/\text{g}$,明显低于各处理组($P < 0.05$),说明气调包装能一定程度抑制叶绿素分解;但随着时间的延长,到贮藏末期(第 21 天)各处理组叶绿素损失也较大,且相互差异不显著($P > 0.05$),均处于 $0.4 \text{ mg}/\text{g}$ 左右,可能是鲜切杭白菜细胞组织被破坏,细胞液流出被包装中氧气氧化分解,从而产生黄化^[23]。

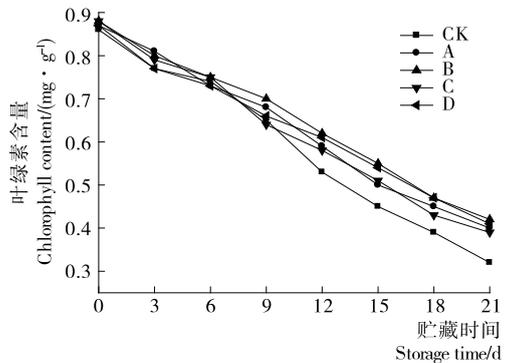


图 4 不同气调包装对抗白菜叶绿素含量的影响

Figure 4 Effect of different modified atmosphere packaging on chlorophyll content of hang cabbage

2.5 对抗白菜失重率的影响

由图 5 可知,随着贮藏时间的延长,鲜切杭白菜失重率逐渐升高。其中对照组失重率上升趋势最为明显,在第 12 天时达到 1.25%,菜叶已出现萎蔫、部分褐变脱水的现象,而处理组在第 15 天时才出现类似情况,其中 B、D 组表现相对突出,在贮藏末期(第 21 天)失重率分别达到 1.37%,1.41%,相比于对照组有明显的延缓效果,可能是较高浓度的 CO_2 抑制了细胞的代谢活动,从而延缓了鲜切杭白菜水分的流失^[24],因此低浓度 O_2 高浓度 CO_2 气调包装能一定程度上降低细胞呼吸作用,减少水分流失,从而延长鲜切杭白菜的货架期。

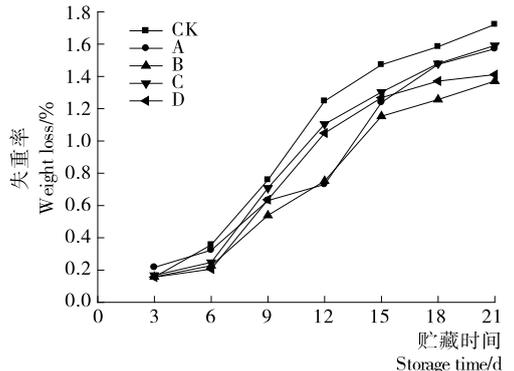


图 5 不同气调包装对抗白菜失重率的影响

Figure 5 Effect of different modified atmosphere packaging on weight loss of hang cabbage

2.6 对抗白菜可溶性固形物含量的影响

由图6可知,各组可溶性固形物总体呈现先上升后下降的趋势,可能是鲜切杭白菜在切割过程中组织结构被破坏,造成大分子物质分解,从而引起了可溶性固形物含量的短暂升高,但是随着贮藏时间的延长,细胞呼吸作用消耗营养成分,随即含量逐渐降低^[25]。各处理组初始值均在3.6%左右,峰值基本集中在第3~6天,最高达3.9%,随后呈现下降趋势,其中对照组下降最快,且与B组形成显著性差异($P < 0.05$),第15天时,对照组已下降至2.6%,而B组还高达3%,可能是较高浓度的CO₂能抑制细胞的呼吸作用,减少可溶性糖的消耗^[26]。综上,低浓度O₂高浓度CO₂气调包装能有效地延缓可溶性固形物含量的降低,延长鲜切蔬菜货架期。

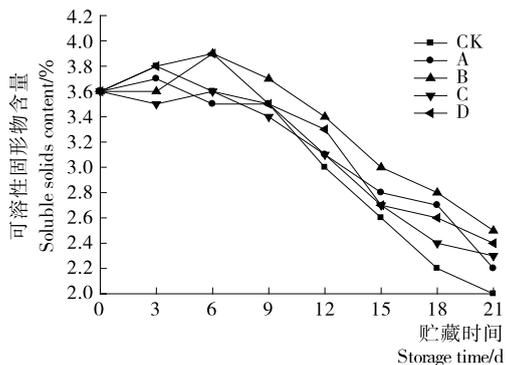


图6 不同气调包装对抗白菜可溶性固形物含量的影响

Figure 6 Effect of different modified atmosphere packaging on soluble solids content of hang cabbage

3 结论

本试验以1.8 mg/L臭氧水清洗5 min的鲜切杭白菜为试验材料,以空气包装为对照组,研究不同气体组分的气调包装对鲜切杭白菜保鲜效果的影响。结果表明:在贮藏过程中,空气包装在第9天之后便失去商业价值,而气调包装保鲜效果则明显优于空气包装,处理组B组(5% O₂ + 10% CO₂ + 85% N₂)能更好地保持鲜切杭白菜的Vc及叶绿素含量,延缓失水率的上升,在微生物指标及感官评分上效果更为显著,在(4±1) °C的环境下,货架期可达15 d,与乔永祥等^[27]研究结果相符。

本研究还发现在氧气浓度一定时,CO₂浓度较高的B组(5% O₂ + 10% CO₂ + 85% N₂)和D组(10% O₂ + 10% CO₂ + 80% N₂)能较好地维持样品感官,抑制微生物生长,延缓Vc及叶绿素含量降低。因此在今后的试验中可深入研究不同O₂、CO₂浓度比对鲜切杭白菜的保鲜效果,以期获得更加有效的包装方式来延缓鲜切杭白菜的品质下降,从而减少浪费。

参考文献

[1] 倪玮怡. 上海市郊土壤—蔬菜系统中重金属来源及贡献研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2016: 16-17.

[2] JOVANOVIĆ G D, KLAUS A S, NIKSIĆ M P. Antimicrobial Activity of Chitosan Films With Essential Oils Against *Listeria monocytogenes* on Cabbage[J]. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 2016, 9(9): e34 804.

[3] 雷昊, 谢晶. 新鲜蔬菜采收后清洗、包装处理研究进展[J]. *食品与机械*, 2016, 32(6): 215-219.

[4] 林永艳, 谢晶, 朱军伟, 等. 清洗方式对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. *食品与机械*, 2012, 33(1): 211-213.

[5] 余江涛, 谢晶. 臭氧水处理结合气调包装对鲜切生菜保鲜效果的影响[J]. *食品与机械*, 2015, 31(1): 111-115.

[6] 朱军伟, 谢晶, 林永艳, 等. 贮藏温度和包装方法对两种叶菜采收后品质的影响[J]. *食品与机械*, 2012, 28(4): 175-178.

[7] 王肽, 谢晶. 臭氧水处理对鲜切茄子保鲜效果的研究[J]. *食品工业科技*, 2013, 34(15): 324-328.

[8] 张向阳, 王丹, 马越. 清洗方式对鲜切胡萝卜处理效果的影响[J]. *食品与机械*, 2012, 28(5): 189-192.

[9] FERNÁNDEZ-LEÓN M F, FERNÁNDEZ-LEÓN A M, LOZANO M, et al. Different postharvest strategies to preserve broccoli quality during storage and shelf life: controlled atmosphere and 1-MCP[J]. *Food Chemistry*, 2013, 138(1): 564-573.

[10] 王瑾, 林向阳, 阮榕生, 等. 高浓度臭氧水对鲜切花椰菜保鲜的研究[J]. *食品科学*, 2008, 29(8): 607-611.

[11] NANDANE A S, JAIN R K. Value addition of fruits and vegetables by edible packaging: Scope and constraints[J]. *A Journal of Food Science & Technology*, 2011, 1(1): 1-11.

[12] 雷昊, 谢晶, 乔永祥, 等. 清洗杀菌方式对鲜切杭白菜保鲜效果的影响[J]. *食品与机械*, 2016, 32(12): 105-107.

[13] 林永艳, 谢晶, 朱军伟, 等. 真空预冷对青菜贮藏品质的影响[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(21): 314-317.

[14] AGUERO M V, PONCE A G, MOREIRA M R, et al. Lettuce quality loss under conditions that favor the wilting phenomenon [J]. *Postharvest biology and technology*, 2011, 59 (2): 124-131.

[15] 曹建康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采收后生理生化试验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 31.

[16] ALLENDE A, LUO Y, MCEVOY J L, et al. Microbial and quality changes in minimally processed baby spinach leaves stored under super atmospheric oxygen and modified atmosphere conditions[J]. *Postharvest Biology & Technology*, 2004, 33(1): 51-59.

[17] 张立奎. 鲜切生菜在贮藏期间的微生物生长模型[J]. *食品与发酵工业*, 2004, 30(2): 49-49.

[18] 徐燕新, 陈湘宁, 许丽. 鲜切生菜气调包装保鲜条件优化[J]. *中国农学通报*, 2016, 32(7): 185-190.

[19] FINNEGAN E, MAHAJAN P V, O'CONNELL M, et al. Modelling respiration in fresh-cut pineapple and prediction of gas permeability needs for optimal modified atmosphere packaging[J]. *Postharvest Biology and Technology*, 2013, 79(1): 47-53.

[20] 华璐云, 雷桥, 谢晶. 臭氧协同气调包装对鲜切叶菜的保鲜作用研究[J]. *食品工业科技*, 2012, 33(1): 354-358.

(下转第175页)

件下,回收率 81.56%,富集比 14.94。试验结果表明,泡沫分离技术是一种实现菠菜叶蛋白粗分离的有效,低成本方法,为菠菜叶蛋白的开发利用提供了理论依据和试验参考。

(2) 本研究证实了泡沫法分离菠菜叶蛋白的可行性,拓展了泡沫分离技术在分离提取叶蛋白领域的应用。

(3) 然而,目前泡沫分离技术大多适用于低浓度,具有表面活性物质的分离提取,有关菠菜叶蛋白功能性质的改善及高浓度下的泡沫分离提取有待进一步研究。

参考文献

- [1] 郑集, 陈钧辉. 普通生物化学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2007: 67.
- [2] 王震, 乔天磊, 霍乃蕊, 等. 植物叶蛋白提取及应用前景[J]. 山西农业科学, 2015, 43(12): 1 727-1 731.
- [3] 郭玉花, 黄震, 滕立军, 等. 新鲜菠菜的纳米活性气调包装研究[J]. 食品与机械, 2009, 25(4): 167-170.
- [4] 朱宏伟, 谢晶, 林永艳, 等. 贮藏温度对薄膜包装菠菜品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(6): 219-221.
- [5] 袁道强, 梁丽琴, 王振锋, 等. 菠菜叶蛋白功能特性的研究[J]. 现代食品科技, 2005, 21(1): 13-16.
- [6] 舒友琴, 梁丽琴, 扶庆权, 等. 菠菜叶蛋白的提取研究[J]. 食品科学, 2005, 26(10): 124-127.
- [7] 梁丽琴, 催林栋, 段江燕. 胰蛋白酶水解制备菠菜叶蛋白多肽的工艺研究[J]. 山西师范大学学报: 自然科学版, 2016(2): 72-75.
- [8] 刘娇. 菜中之王——菠菜[J]. 解放军健康, 2003(5): 29-29.
- [9] 曹雪玲, 李鑫, 刘发现. 蔬菜中蛋白质的提取及含量分析[J]. 广州化工, 2015(18): 39-40.
- [10] 赖冬花, 傅红, 杨琳, 等. 菠菜色素蛋白复合物的抗氧化性研究[J]. 食品研究与开发, 2013, 34(3): 116-120.
- [11] 闫岩, 傅红, 杨琳, 等. 菠菜与螺旋藻中水溶性蛋白抗氧化性的比较研究[J]. 中国食品学报, 2012, 12(11): 37-41.
- [12] 张鑫, 曲文娟, 马海乐, 等. 脱水菠菜的催化式红外辐射灭菌研究[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 133-137.
- [13] 叶晶晶, 曹宁宇, 殷浩, 等. 植物蛋白的研究进展[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(31): 19 046-19 047.
- [14] 王震, 乔天磊, 霍乃蕊, 等. 植物叶蛋白提取方法及研究进展[J]. 山西农业科学, 2016, 44(1): 126-130.
- [15] 郭珍, 陈复生, 李彦磊, 等. 反胶束萃取技术及其在植物蛋白质提取中的应用研究进展[J]. 食品与机械, 2013, 29(1): 240-242.
- [16] NAKABAYASHI T, TAKAKUSAGI Y, IWABATA K, et al. Foam fractionation of protein: Correlation of protein adsorption onto bubbles with a pH-induced conformational transition[J]. Analytical Biochemistry, 2011, 419(2): 173-179.
- [17] 刘海彬, 张炜, 陈元涛, 等. 响应面法优化泡沫分离桑叶蛋白工艺[J]. 食品科学, 2015, 36(8): 97-102.
- [18] 潘丽, 张守文, 谷克仁, 等. 泡沫分离技术在食品工业中的应用现状[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2015, 36(4): 120-124.
- [19] KAMALANATHAN I D, MARTIN P J. Competitive adsorption of surfactant-protein mixtures in a continuous stripping mode foam fractionation column[J]. Chemical Engineering Science, 2016, 146: 291-301.
- [20] BURGHOF B. Foam fractionation applications[J]. Journal of Biotechnology, 2012, 161(2): 126-137.
- [21] KHALES I M, VENKEN T, DECKERS S, et al. A novel method for hydrophobin extraction using CO₂, foam fractionation system[J]. Industrial Crops & Products, 2013, 43(43): 372-377.
- [22] MU Tai-hua, LIU Ying, ZHANG Miao, et al. Protein Recovery from Sweet Potato Starch Wastewater by Foam Separation[J]. Separation Science & Technology, 2014, 49(14): 2 255-2 260.
- [23] 李志洲. 泡沫分离法优化美味牛肝菌多糖分离工艺[J]. 食品与机械, 2012, 28(3): 130-134.
- [24] ZHAO Zhuo, SUN Wen-bin, JI Ya-ru, et al. Effects of temperature on determination of protein concentration with coomassie brilliant blue method[J]. Agricultural Science & Technology, 2015, 16(2): 209-213.
- [25] LIU Hai-bin, ZHANG Wei, CHEN Yuan-tao, et al. Technology optimization of Medicago sativa leaf protein separation with foam fractionation[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2016, 32(9): 271-276.
- [26] 杨博, 王永华, 姚汝华. 蛋白质的泡沫分离[J]. 食品与发酵工业, 2001, 27(2): 76-79.
- [27] 刘宗民. 泡沫分离回收马铃薯淀粉废水中蛋白质的工艺[D]. 天津: 河北工业大学, 2013: 41-46.
- [28] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [29] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [30] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [31] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [32] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [33] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [34] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [35] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [36] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [37] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [38] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [39] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [40] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [41] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [42] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [43] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [44] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [45] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [46] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [47] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [48] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [49] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [50] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [51] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [52] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [53] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [54] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [55] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [56] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [57] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [58] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [59] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [60] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [61] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [62] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [63] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [64] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [65] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [66] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [67] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [68] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [69] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [70] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [71] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [72] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [73] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [74] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [75] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [76] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [77] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [78] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [79] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [80] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [81] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [82] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [83] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [84] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [85] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [86] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [87] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [88] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [89] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [90] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [91] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [92] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [93] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [94] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [95] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [96] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [97] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [98] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [99] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.
- [100] 王芳, 刘华, 董梅红. 桑叶蛋白的功能特性研究[J]. 食品科学, 2010, 31(11): 81-86.

(上接第 113 页)

- [21] RAHMAN M M, MIARUDDIN M, CHOWDHURY M G F, et al. Effect of different packaging systems and chlorination on the quality and shelf life of green chili.[J]. Bangladesh Journal of Agricultural Research, 2012, 37(4): 729-736.
- [22] ZENOOZIAN M S. Combined Effect of packaging method and temperature on the leafy vegetables properties[J]. Int. J. of Environment. Sci. Dev, 2011, 2(2): 124-127.
- [23] 张引成, 雷云, 王志英, 等. 二氧化碳气调包装对鲜切结球莴苣贮藏品质和生理的影响[J]. 食品科学, 2012, 33(8):

318-322.

- [24] 徐春涛, 王瑾. 不同储藏温度条件下臭氧水对鲜切花椰菜保鲜效果的研究[J]. 河南工业大学学报: 自然科学版, 2009, 30(3): 41-43.
- [25] 胡小荣, 陶梅, 卢新雄, 等. 不同含水量大葱种子贮藏过程中的糖代谢研究[J]. 植物遗传资源学报, 2006, 7(1): 85-88.
- [26] 肖卫华, 李里特, 李再贵, 等. 电生功能水对草莓的保鲜试验研究[J]. 食品科学, 2003, 24(5): 152-155.
- [27] 乔永祥, 谢晶, 雷昊, 等. 酸性电解水联合气调包装对鲜切生菜品质的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(2): 111-115.