

气体结合高静压对干锅藕片贮藏期品质及微生物的影响

熊新星, 周 兵, 张璐瑶, 欧雅文, 刘 琦, 张 燕*, 廖小军

(中国农业大学食品科学与营养工程学院, 国家果蔬加工工程技术研究中心, 农业部果蔬加工重点开放实验室, 北京 100083)

摘 要: 研究气体结合高静压 (high hydrostatic pressure, HHP) 处理对干锅藕片的货架期及贮藏品质的影响。测定充气包装后经高静压处理的干锅藕片在贮藏过程中微生物菌落总数、质构、色差、油脂过氧化值的变化及感官评价。结果表明: 充CO₂结合高静压 (CO₂-HHP) 处理的干锅藕片贮藏期较充N₂、充CO₂、真空包装结合高静压 (vacuum-HHP) 处理、充N₂结合高静压 (N₂-HHP) 处理长, 且第一循环硬度保持在14 000 g左右, b*值变化在2以内CO₂-HHP处理的干锅藕片在贮藏期内感官评价始终较好。这为低酸性食品的保藏提供了新的思路与方法。

关键词: 调理食品; 充气包装; 高静压; 货架期; 质构

Effects of Gas Packaging Combined with High Hydrostatic Pressure on Storage Quality and Microbiology of Dry Pot Lotus Root Slices, a Chinese Dish

XIONG Xinxing, ZHOU Bing, ZHANG Luyao, OU Yawen, LIU Qi, ZHANG Yan*, LIAO Xiaojun

(National Engineering Research Centre for Fruits and Vegetables Processing, Key Laboratory of Fruits and Vegetables Processing, Ministry of Agriculture, College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Dry pot lotus root slices is a popular Chinese dish with rich nutrients and good taste. This study was done to analysis the effects of gas packaging combined with high hydrostatic pressure (HHP) on the shelf life and storage quality of dry pot lotus root slices. For this purpose, changes in total colony count, texture, color difference, lipid peroxidation and sensory evaluation of dry pot lotus root slices during storage after sequential gas packaging combined with HHP treatment were measured. The results showed that compared with N₂ packaging, CO₂ packaging, vacuum packaging combined with HHP, and N₂ packaging combined with HHP, the shelf life of dry pot lotus root slices treated by CO₂ packaging combined with HHP was longer, the hardness during the first cycle was maintained at about 14 000 g, and the decrease in b* value was less than 2 during storage. Sensory evaluation of the product subjected to CO₂ packaging combined with HHP was also good. Thus, the results provide new ideas and methods for the preservation of low acid foods.

Key words: prepared foods; gas packaging; high hydrostatic pressure; shelf life; texture

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201709036

中图分类号: TS255.5

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2017) 09-0220-05

引文格式:

熊新星, 周兵, 张璐瑶, 等. 气体结合高静压对干锅藕片贮藏期品质及微生物的影响[J]. 食品科学, 2017, 38(9): 220-224.

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201709036. <http://www.spkx.net.cn>

XIONG Xinxing, ZHOU Bing, ZHANG Luyao, et al. Effects of gas packaging combined with high hydrostatic pressure on storage quality and microbiology of dry pot lotus root slices, a Chinese dish[J]. Food Science, 2017, 38(9): 220-224. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201709036. <http://www.spkx.net.cn>

调理食品 (prepared foods) 是指经过清洗、切分、配料、烹饪加工或其他预处理, 可直接食用或可进行烹饪的预制食品。随着人们生活节奏的不断加快, 便利、营养、美味的即食调理食品在未来消费市场具有广阔的

前景, 这些特点决定了该行业未来产量将迅速放大。目前调理食品的主要杀菌方式为热杀菌和非热杀菌^[1]。高静压 (high hydrostatic pressure, HHP) 加工技术是一种非热杀菌技术, 对色素等小分子质量物质破坏作用小,

收稿日期: 2016-07-11

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (31271910)

作者简介: 熊新星 (1993—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品科学。E-mail: 1290116414@qq.com

*通信作者: 张燕 (1977—), 女, 副教授, 博士, 研究方向为食品非热加工技术。E-mail: zhangyan348@163.com

这使得食品中的色素、维生素等物质都能得到较好的保持^[2],一定程度上保留了食品的营养价值与色泽。要杀死食品中某些耐压的致病菌和腐败菌需要500 MPa以上的压力,导致HHP设备要求高,制约了其在工业生产上的发展^[3],直到近年来HHP技术才得以广泛应用^[4-5]。

气调包装是指在一定条件下改善包装内环境的气氛,抑制或延缓产品的变质过程,从而延长产品的货架期,并使之保持较好的外观、品质^[6-7]。压力结合气体能够有效钝化微生物,延长产品货架期^[7]。N₂是一种惰性气体,无味无臭,不会与食品起化学反应也不会被食品吸收,是一种适用于食品保藏的理想气体^[8]。CO₂稳定,低毒,对产品感官品质的影响小且价格低廉^[9],同时高压协同CO₂对腐败菌的灭活具有增效作用^[10-11]。

HHP难以钝化低酸食品中的耐压孢子^[12],为有效延长低酸调理食品的货架期通常将高静压与其他处理方式结合使用^[13]。目前国内外延长低酸调理食品货架期通常采用高温高压杀菌或速冻保藏,对于充气包装结合高静压杀菌,延长产品货架期的研究还极少报道。本实验研究了充气包装结合HHP处理对低酸性干锅藕片贮藏期品质及微生物的影响,为低酸调理食品的加工和货架期延长提供了良好的思路。

1 材料与方法

1.1 材料

鲜藕购买于北京农贸市场。

1.2 仪器与设备

HHP处理装置 包头科发高压科技有限责任公司;
Colourquest XE型全能色差仪 美国HunterLab公司;
CT3型物性分析仪 美国博勒飞公司; EY-300A分析天平 日本松下电器公司; JYL-610型打浆机 九阳股份有限公司; DZ-600/2S型全自动真空包装机 诸城小康食品包装机械有限公司; SPX型智能光照生化培养箱 宁波江南仪器厂; PHX智能型生化培养箱 宁波莱福科技有限公司; DT-6D型气调包装机 温州市大江真空包装机械有限公司。

1.3 方法

1.3.1 HHP处理条件

鲜藕清洗切片,加入盐、辣椒、姜蒜、花生油炒制成干锅藕片。将炒制后的干锅藕片趁热迅速置于无菌操作间,静置30 min,依次分装入已提前在紫外灯下灭菌的包装盒内。每份藕片的质量均为100 g,加工方式分别为: N₂充气包装(N₂)、CO₂充气包装(CO₂)、N₂充气包装后HHP处理(N₂-HHP)、CO₂充气包装后HHP处理(CO₂-HHP)、真空包装后HHP处理(Vacuum-HHP)。

HHP处理装置设备由5部分组成,包括低压系统(主泵液压站系统集成)、高压系统、控制系统、连接系统和密封组件系统。室温条件下HHP加工压力为550 MPa,保压时间为6 min。

1.3.2 指标测定

1.3.2.1 微生物菌落总数测定

根据GB 4789.2—2010《食品微生物学检验 菌落总数测定》检测细菌总数,微生物检测采用平板计数法。培养基选用平板计数琼脂,稀释梯度依次为10⁻¹、10⁻²、10⁻³、10⁻⁴,在37℃培养箱中培养48 h后计数。所得实验结果均为两个平行,3组重复数据平均所得。

1.3.2.2 质构的测定

使用物性分析仪对样品进行检测,选择TPA模式,选用TPA/TA10探头($d=12.7$ mm, $l=35$ mm)。参数设定为:测前速率为2 mm/s,测试速率为1 mm/s,测后速率为2 mm/s,压缩程度为50%,停留时间为3 s,数据采集速率为400 pps,触发值为5 g。各处理组样品各测6次,最终取6次测定结果的平均值。

1.3.2.3 采用CIE-L*a*b*系统测定颜色

称取10 g待测样品,加入30 mL去离子水打浆,得到均匀样液。色差仪选用反射模式测定。得到CIE-L*a*b*颜色参数L* (亮度值)、a* (红-绿值)和b* (黄-蓝值)。

每个样品重复测定3次,最终取3次实验结果平均值。

1.3.2.4 油脂过氧化值的测定

过氧化值(peroxide value, POV)测定参照GB/T 5538—2005《动植物油脂过氧化值测定》、AOAC Official Method 965.33 *Peroxide Value of Oil and Fats Titration Method*的方法,并略作修改,测定干锅藕片中油脂的POV。

1.3.2.5 感官评价

微波复热:取出100 g冷藏样品,置于微波炉中复热,功率分别为100、400、800 W,复热时间分别为30、60、90 s,复热后进行感官评价。

成立由8人组成的感官评定小组,分别对产品的外观、颜色、质地和综合印象进行打分,8~10分为很好,6~8分为良好,6分以下为差,各项得分越高表示品质越好。感官评价结果用感官剖面雷达图表示。

1.4 数据统计分析

数据使用软件SPSS 17.0进行统计分析,不同处理组之间的差异采用ANOVA方差分析及Duncan检验,显著水平 α 为0.05,当 $P<0.05$ 时,表示差异显著。采用软件Origin 9进行制图。除质构重复6次测定,其他实验重复3次。

2 结果与分析

2.1 贮藏过程中干锅藕片菌落总数变化

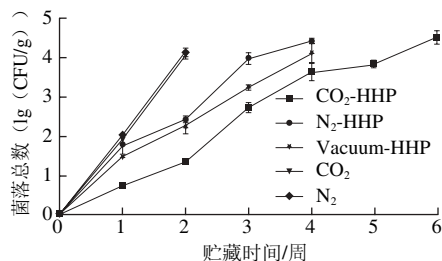


图1 4 °C贮藏条件下不同处理方式的干锅藕片菌落总数变化
Fig. 1 Change in total colony count in dry pot lotus root slices in different treatment groups during storage at 4 °C

从图1可以看出,各处理条件的藕片在贮藏期内微生物菌落总数都呈上升趋势。其中,充气包装后经过HHP处理的藕片微生物的增长速率明显低于未经HHP处理的藕片,且CO₂-HHP处理的藕片中菌落总数增长速率最慢。图1显示仅充N₂与CO₂包装的藕片在第2周菌落总数即超过10⁴ CFU/g,而N₂-HHP与Vacuum-HHP处理的藕片在第4周菌落总数超过10⁴ CFU/g,CO₂-HHP处理的藕片在第6周菌落总数超过10⁴ CFU/g。说明CO₂-HHP处理可以有效延长干锅藕片的贮藏期,达到更佳的贮藏效果,而充入N₂对于抑制微生物的生长效果不明显。

大量研究已证明,多数微生物、病毒、寄生虫和其他生物体经100 MPa以上加压处理立即死亡,一般细菌、霉菌、酵母菌的营养体在300~400 MPa压力下可被杀死^[14-15]。CO₂在常压条件下对微生物有抑制作用^[16],但没有杀菌作用^[17],在高压条件下CO₂可以提高杀菌效果^[18],经CO₂-HHP处理的样品微生物增长缓慢,是由于CO₂杀菌作用引起的,压力结合气体能够有效地钝化微生物,可能是由于高压CO₂可以对生物系统产生影响,主要是通过引起蛋白变性,脂相改变以及细胞壁与细胞膜的破裂^[19-20]。

2.2 贮藏过程中藕片颜色的变化

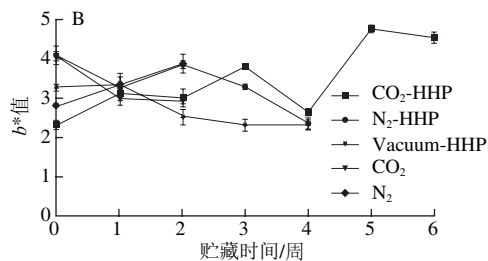
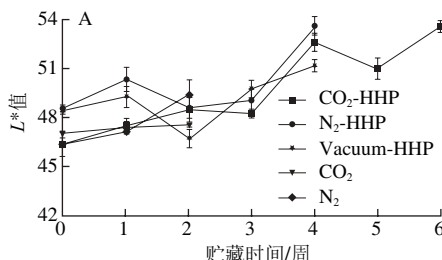


图2 4 °C贮藏条件下不同处理方式的干锅藕片L*值(A)和b*值(B)的变化

Fig. 2 Changes in L* (A) and b* (B) values in dry pot lotus root slices in different treatment groups during storage at 4 °C

图2A为不同条件处理的干锅藕片在贮藏期内L*值的变化趋势。在贮藏第1周,N₂-HHP与Vacuum-HHP组L*值均增加,但当贮藏至第2周时,N₂-HHP与Vacuum-HHP藕片的L*值均降低,之后又继续增加直到贮藏终点。CO₂-HHP组初始点L*值最小,但是从贮藏开始,L*值一直增大到贮藏终点,3组样品到贮藏终点L*值均显著增加($P<0.05$)。

此研究结果说明,以上3种处理都能较好地保持产品的亮度。产生此现象可能是藕经高温烹饪和高压处理使多酚氧化酶的活性得到抑制或者完全丧失^[21],因此不会发生酶促褐变。同时也可能是由于压力处理引起藕中淀粉交联结构发生变化或是由于水在压力变化下渗透进入淀粉网络结构中形成了一种凝胶类似物,从而保持了较高的亮度^[22]。这一现象产生的原因仍有待证实。

从图2B可以看出,CO₂处理的干锅藕片在0~2周内b*值呈下降趋势,与CO₂-HHP组趋势相反,这说明HHP处理促使样品的颜色变黄。经N₂-HHP、Vacuum-HHP处理后的干锅藕片在0~4周贮藏期内b*值不断减小,这说明随着贮藏期的延长,经N₂-HHP、Vacuum-HHP处理后的藕片黄色越来越不明显。经过CO₂-HHP处理的干锅藕片随时间的变化无明显规律,但b*在第5周时达到最大值,第5周后又开始下降,最终b*值相对于初始状态增加了1.66,发生显著变化($P<0.05$)。

总体来说,在样品微生物指标超标之前,与其他处理方式相比,经CO₂-HHP处理的样品变黄的程度更明显。

2.3 贮藏过程中干锅藕片硬度的变化

图3表示贮藏过程中随着时间的延长,不同处理方式样品第一循环硬度的变化。经HHP处理过的样品,第1周硬度均有所增加,表明经过HHP处理的样品硬度在贮藏期内会有所恢复,第一循环硬度保持在14 000 g左右。CO₂-HHP和N₂-HHP组样品的硬度都先增加后减小,一方面是由于高压处理破坏了细胞结构导致细胞完整性被破坏^[23-25]。另一方面,充气包装经高压处理后部分气体进入组织细胞内部,随着贮藏期的延长,气体的缓释作用导

致气体逐渐逸散使得细胞间距不断增加,引起细胞排列疏松,表现为硬度逐渐下降。

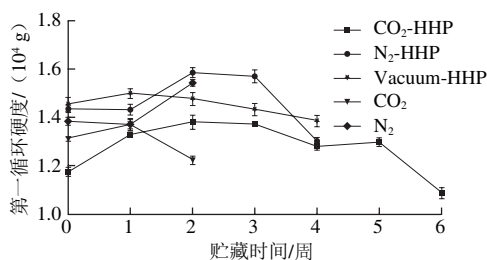


图3 4℃贮藏条件下不同处理方式干锅藕片的第一循环硬度变化

Fig. 3 Change in hardness of dry pot lotus root slices in different treatment groups during storage at 4℃

在贮藏期内, Vacuum-HHP处理的藕片不仅硬度始终高于CO₂-HHP组,其硬度降低程度随贮藏期的延长也相对较小,可能是由于真空除去了细胞间隙中的空气,同时高压作用促使细胞排列更加紧密,宏观上表现为硬度增强。反之, CO₂则会进入细胞间隙,组织细胞排列不及真空处理组致密。从贮藏初期到贮藏末期,3组样品的硬度均显著减小($P<0.05$), CO₂-HHP组硬度最小。

2.4 贮藏过程中干锅藕片油脂POV的变化

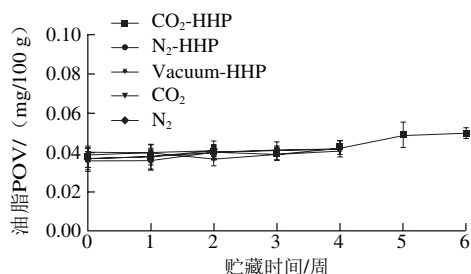


图4 4℃贮藏条件下不同处理方式干锅藕片中POV的变化

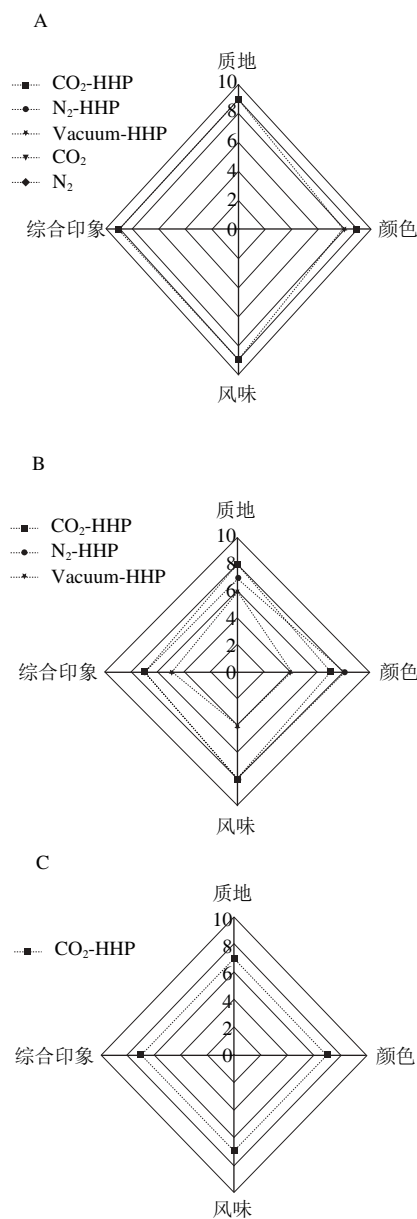
Fig. 4 Changes of POV in dry pot lotus root slices by different treatment groups during storage at 4℃

POV反映的是油脂在氧化初期的氢过氧化物生成量,可以一定程度上评价油脂的氧化酸败品质。由图4可以看出,在干锅藕片贮藏过程中所有处理方式的油脂POV最初即第0天基本一致,随着贮藏期的延长,各处理方式的油脂POV有所改变,但幅度均较小,无显著性差异($P>0.05$)。直到贮藏末期,油脂POV最大增加到0.05 mg/100 g,远低于GB 2716—2014《食用植物油卫生标准》中规定的0.25 mg/100 g。马静^[26]利用500 MPa高压处理即食黄瓜10 min, 5℃贮藏40 d时油脂POV为0.06 mg/100 g。以上结果表明,充气包装与HHP处理不会促使油脂过氧化。

2.5 贮藏过程中干锅藕片感官评价的变化

干锅藕片经不同条件复热后,通过感官评价来选取

最优条件,在感官评价结果相同的情况下,以节能为筛选条件。最后,确认微波复热条件为400 W、30 s。



A.第1周; B.第4周; C.第6周。

图5 4℃贮藏条件下不同处理方式的干锅藕片感官评价

Fig. 5 Change in sensory evaluation of dry pot lotus root slices in different treatment groups during storage at 4℃

图5表示是第1、4、6周干锅藕片的感官评价结果。结果表明,在贮藏期内CO₂-HHP与N₂-HHP处理的感官评价优于Vacuum-HHP处理,尤其是颜色($P<0.05$)。从贮藏初期至贮藏末期,气体与HHP结合处理的干锅藕片感官评价没有显著降低,证明该种处理方式有利于产品保持良好的外观,这与董鹏等^[27]的研究结果一致。而Vacuum-HHP处理随着贮藏期的延长,颜色变黄,外表褶皱,因此感官评价较差。

3 结 论

经CO₂-HHP处理后的干锅藕片与N₂-HHP、Vacuum-HHP处理相比,可以明显延长产品货架期。但经CO₂-HHP处理后的干锅藕片硬度略低于其他两种充气包装结合高压处理样品。在油脂POV始终低于国家规定的限制的同时,与Vacuum-HHP相比,CO₂-HHP、N₂-HHP两种处理方式得到的产品能保持更佳的外观,贮藏期内该两组产品颜色与外观评价明显优于Vacuum-HHP组。CO₂-HHP处理方式对低酸性调理食品的加工和货架期延长提供了新的思路与方法。

参考文献:

- [1] 张慧,王丽萍. 调理食品杀菌技术研究进展[J]. 食品与生物技术学报, 2012, 31(8): 785-792. DOI:10.3969/j.issn.1673-1689.2012.08.001.
- [2] CONSIDINE K M, KELLY A L, FITZGERALD G F, et al. High-pressure processing: effects on microbial food safety and food quality[J]. Fems Microbiology Letters, 2008, 281(1): 1-9. DOI:10.1111/j.1574-6968.2008.01084.x.
- [3] 宋吉昌. 食品超高压保鲜技术理论及实验研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2009: 8-9.
- [4] 廖小军. 超高压技术在果蔬加工中大有可为[J]. 农业工程技术·农产品加工业, 2009(9): 36-38. DOI:10.3969/j.issn.1673-5404.2009.09.013.
- [5] CONSIDINE K M, KELLY A L, FITZGERALD G F, et al. High-pressure processing-effects on microbial food safety and food quality[J]. Fems Microbiology Letters, 2008, 281(1): 1-9. DOI:10.1111/j.1574-6968.2008.01084.x.
- [6] ESMER O K, IRKIN R, DEGIRMENCIOGLU N, et al. The effects of modified atmosphere gas composition on microbiological criteria, color and oxidation values of minced beef meat[J]. Meat Science, 2011, 88(2): 221-226. DOI:10.1016/j.meatsci.2010.12.021.
- [7] AMANATIDOU A, SCHLÜTER O, LEMKAU K, et al. Effect of combined application of high pressure treatment and modified atmospheres on the shelf life of fresh Atlantic salmon[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2000, 1(2): 87-98. DOI:10.1016/S1466-8564(00)00007-2.
- [8] 周小理. MAP技术在食品保鲜中的应用[J]. 食品工业, 2005, 26(5): 45-47.
- [9] 王璵,李汴生,张微. 超高压对果蔬制品品质影响研究进展[J]. 食品研究与开发, 2012, 33(3): 214-219. DOI:10.3969/j.issn.1005-6521.2012.03.063.
- [10] AI-NEHLAWI A, GURI S, GUAMIS B, et al. Synergistic effect of carbon dioxide atmospheres and high hydrostatic pressure to reduce spoilage bacteria on poultry sausages[J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 58(2): 404-411. DOI:10.1016/j.lwt.2014.03.041.
- [11] RODE T M, HOVDA M B, ROTABAKK B T. Favourable effects of soluble gas stabilisation and modified atmosphere for suppressing regrowth of high pressure treated *Listeria innocua*[J]. Food Control, 2015, 51: 108-113. DOI:10.1016/j.foodcont.2014.11.006.
- [12] 姜斌,胡小松,廖小军,等. 超高压对鲜榨果蔬汁的杀菌效果[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 234-238. DOI:10.3969/j.issn.1002-6819.2009.05.43.
- [13] 李勇. 超高压致死微生物的研究进展[J]. 微生物学通报, 1995(4): 36-38.
- [14] OEY I, PLANCKEN I V D, LOEY A V, et al. Does high pressure processing influence nutritional aspects of plant based food systems?[J]. Trends in Food Science & Technology, 2008, 19(6): 300-308. DOI:10.1016/j.tifs.2007.09.002.
- [15] 张联怡,秦小明,章超桦,等. 超高压处理影响食品杀菌效果的研究进展[J]. 江西农业学报, 2013(10): 106-108. DOI:10.3969/j.issn.1001-8581.2013.10.030.
- [16] DONSÌ G, FERRARI G, MARESCA P. Pasteurization of fruit juices by means of a pulsed high pressure process[J]. Journal of Food Science, 2010, 75(3): 169-177. DOI:10.1111/j.1750-3841.2010.01535.x.
- [17] KING J S, MABBITT L A. Preservation of raw milk by the addition of carbon dioxide[J]. Journal of Dairy Research, 1982, 49: 439-447.
- [18] 王莉. 二氧化碳协同食品超高压杀菌研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2012: 50-51.
- [19] BALLESTRA P, SILVA A A D, CUQ J L. Inactivation of *Escherichia coli* by carbon dioxide under pressure[J]. Journal of Food Science, 2006, 61(4): 829-831. DOI:10.1111/j.1365-2621.1996.tb12212.x.
- [20] JAMESA D, RAJAGOPALAN K, SYED R. A review of effects of carbon dioxide on microbial growth and food quality[J]. Journal of Food Protection, 1985, 48(6): 532-537.
- [21] 朱云龙,陈亨. 超高压处理对莲藕品质的影响[J]. 食品科学, 2014, 35(21): 84-87. DOI:10.7506/spkx.1002-6630.201421017.
- [22] 姚佳,张雅杰,孔民,等. 高静压对黄桃质构相关组分模拟体系的影响[J]. 食品与发酵工业, 2012, 38(9): 44-48.
- [23] BASAK S, RAMASWAMY H S. Effect of high pressure processing on the texture of selected fruits and vegetables[J]. Journal of Texture Studies, 1998, 29(5): 587-601. DOI:10.1111/j.1745-4603.1998.tb00185.x.
- [24] RAMOS B, MILLER F A, TRS B, et al. Fresh fruits and vegetables: an overview on applied methodologies to improve its quality and safety[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2013, 20(4): 1-15. DOI:10.1016/j.ifset.2013.07.002.
- [25] RAWSON A, PATRAS A, TIWARI B K, et al. Effect of thermal and non thermal processing technologies on the bioactive content of exotic fruits and their products: Review of recent advances[J]. Food Research International, 2011, 44(7): 1875-1887. DOI:10.1016/j.foodres.2011.02.053.
- [26] 马静. 即食蔬菜的超高压加工工艺及熟化特性研究[D]. 太原: 山西农业大学, 2014: 48.
- [27] 董鹏,易俊洁,花成,等. 蔬菜高静压杀菌效果及其感官品质评价[J]. 高压物理学报, 2013(3): 447-453. DOI:10.11858/gywylxb.2013.03.020.