

超高压处理对鲜杏鲍菇品质的影响

杨华¹, 喻歆茹¹, 钱德康², 刘丽君¹, 戚向阳¹

(1. 浙江万里学院生物与环境学院, 浙江宁波 315100) (2. 宁波市东方九洲食品工贸有限公司, 浙江宁波 315142)

摘要: 本文以新鲜杏鲍菇为研究对象, 研究了超高压不同处理方式下 (不同压力 100MPa、150MPa、200MPa、250MPa、300 MPa, 不同保压时间 3 min、6 min、9 min、12 min、15 min、18 min), 对杏鲍菇多酚氧化酶 (PPO)、失重率、色差、硬度、感官等品质的影响。研究表明, 超高压处理后杏鲍菇的 PPO 酶活力和弹性随着压力的升高和保压时间的延长出现先下降后上升的变化, 色差的亮度 (L^*) 值和硬度则逐渐降低, 黄度 (b^*) 值和失重率则逐渐增加。在储藏期内 (0~12 d), 贮藏温度为 4 °C, 超高压处理下 (压力 200MPa 保压时间 9 min) 的酶活力低于未处理的杏鲍菇样品, 而高压处理的失重率增幅大于未处理组样品, 而色差和硬度变化则小于未处理组样品。通过实验分析得到杏鲍菇超高压处理的最佳压力和保压时间参数为: 200MPa、9min。

关键词: 杏鲍菇; 超高压; 保鲜; 品质

文章编号: 1673-9078(2014)12-164-169

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2014.12.028

Effect of High Hydrostatic Pressure Treatment on the Quality of *Pleurotus eryngii*

YANG Hua¹, YU Xin-ru¹, QIAN De-kang², LIU Li-jun¹, QI Xiang-yang¹

(1. Faculty of Biological and Environmental Science, Zhejiang Wanli University, Ningbo, Zhejiang 315100, China)

(2. Ningbo Orient Jiuzhou Food Trade & Industry CO., LTD, Ningbo, Zhejiang 315142, China)

Abstract: In this study, the effect of varying high-hydrostatic-pressure processing (HPP) conditions (pressure: 100, 150, 200, 250, and 300 MPa; holding time: 3, 6, 9, 12, 15, and 18 min) on the quality characteristics of fresh *Pleurotus eryngii*, such as polyphenol oxidase (PPO), weight loss, color, hardness, and sensory quality were studied. The results showed that with increasing pressure and holding time, the PPO enzyme activity and elasticity of the HPP-processed samples increased after an initial decline, the brightness (L^*) value and hardness decreased gradually, while the yellowness (b^*) value and rate of weight loss increased. During storage (0~12 days) at 4 °C, PPO enzyme activity was lower, rate of weight loss was greater, and extent of changes in color and hardness were smaller in case of HHP-treated samples than those of untreated samples. The results thus indicated that the optimal pressure and holding time for HHP processing were 200 MPa and 9 min, respectively.

Key words: *Pleurotus eryngii*; high hydrostatic pressure (HHP); preservation; quality

超高压技术是将食品物料以软包装或作为工作介质, 在食品超高压静液压机高压缸中, 以 100 MPa 以上静压对食品进行特殊加工的一种技术。这种技术的优点在较低温杀菌的同时, 食品的色、香、味、营养品质和新鲜程度均不受影响, 食品的保质期又可延长, 在众多新的食品加工技术中, 超高压食品加工具有潜力, 有发展前途的技术, 已在国内外广泛使用, 并已产业化。杏鲍菇 (*Pleurotus eryngii*) 是具有很高的营养成分食用菌, 是近年来开发栽培成功的集食用、药用、食疗于一体的珍稀食用菌新品种。杏鲍菇肉质肥厚,

收稿日期: 2014-05-13

基金项目: 浙江省青年学科带头人项目 (2013-60); 宁波市科技项目 (2013C80050); 鄞州区社发农业类项目

作者简介: 杨华 (1978-), 男, 副教授, 硕士研究生, 主要从事农产品加工及贮藏方向研究

质地脆嫩, 特别是菌柄组织致密、结实、乳白, 可全部食用, 且菌柄比菌盖更脆滑、爽口, 被称为“平菇王”、“干贝菇”, 具有愉快的杏仁香味及如鲍鱼的口感, 适合保鲜、加工, 深得人们的喜爱, 并且杏鲍菇子实体入药有降血压血脂、降胆固醇、增强肌体免疫力之功效。与香菇、银耳和黑木耳干品的营养成分比较, 杏鲍菇干品中的蛋白质含量较高, 甘露醇、游离氨基酸含量也很丰富, 并且脂肪含量和总糖含量较低^[1]。目前, 杏鲍菇都经干制或腌渍来保存, 这些保存方法损害了其营养成分和品质。而经高压处理的食物, 不仅能延长其味道鲜美的时间和保藏时间, 还能防止微生物对食品的污染^[2]。超高压在杏鲍菇的理论应用上, 对其质构的影响是使杏鲍菇获得较好的弹性, 优化了口感, 并且能够有效抑制酶的活性, 延长保藏期限。由此可见, 超高压技术在杏鲍菇等菌菇类的保鲜应用

上有着良好的发展前景, 本文的研究为杏鲍菇的进一步深加工提供理论基础。超高压技术在杏鲍菇的保鲜技术上目前尚未见报道, 因此, 本文我们以杏鲍菇为研究对象, 探讨超高压技术对杏鲍菇保鲜效果及其机制, 以其为杏鲍菇的进一步深加工提供理论基础。

1 材料和方法

1.1 样品处理

实验所用杏鲍菇均购于宁波超市。去除杏鲍菇的菌盖和根部, 将新鲜的杏鲍菇用清水洗去表面污垢, 采用斜切的方式切成约 15 mm 厚的薄片, 再进行真空包装, 将包装好的杏鲍菇片置于超高压容器中, 分别在 100、150、200、250 和 300 MPa 下保压处理。超高压装置的升压速度平均约为 15 MPa/s, 卸压过程在 2 min 内完成。每个处理平行三次, 以未处理样品作为空白对照。

1.2 仪器设备

超高压设备, 天津华泰森森生物工程技术有限公司; 紫外可见分光光度计, 上海美谱达仪器有限公司; 色差计, 上海人和科学仪器有限公司; 质构仪, 美国 TA 公司。

1.3 实验方法

1.3.1 多酚氧化酶 (PPO) 的测定

参照文献^[1]的方法略有修改。酶活的计算公式:

$$U = \frac{\Delta A \times D}{0.001 \times t}$$

注: ΔA -反应时间内吸光值的变化; t -反应时间; D -稀释倍数。

1.3.2 色差的测定

参照文献^[1]的方法, L^* -色彩的敏感程度, 完全的白色视为 100; b^* -黄蓝色品指数, 正值越大表明颜色越偏向黄色, 相反, 负值越大表明越偏向蓝色;

1.3.3 失重率的测定

参照文献^[3]的方法, 采用称重法。

准确测定方法:

$$\text{失重率} = \frac{\text{初始重量} - \text{最终重量}}{\text{初始重量}} \times 100\%$$

1.3.4 质构的测定

参照文献^[4]的方法采用质构仪上面的 P/36R 探头进行 TPA 的检测, 每个样品做 6 个平行试验, 把所得的结果进行数据分析。

1.3.5 感官评定标准

依据检测标准^[5]制定。

表 1 感官评定标准

弹性	色泽	气味	咀嚼性	分值
较强	菌肉白色或乳白色	具杏鲍菇特有的香味, 无异味	较强的咀嚼性	5
弹性较好	菌肉乳白色或浅白色	固有香味	良好的咀嚼性	4
弹性稍强	菌肉近白色, 带有黄色	固有香味, 略带异味	有咀嚼性	3
较弱的弹性	菌肉黄色明显	无固有香味, 有霉味	较弱的咀嚼性	2
无弹性	菌肉呈黄色	有强烈的霉味	无咀嚼性	1

1.3.6 数据处理

数据结果采用 EXCEL 进行分析处理。

2 结果与分析

2.1 杏鲍菇在不同超高压条件下各项指标的影响

2.1.1 杏鲍菇各项指标在不同压强下变化

多酚氧化酶是导致食品褐变和影响果蔬感官质量的主要因素。从表 4 得知, 随着压力的升高, 酶活力先降低后升高; 与未经高压处理的样品相比酶活力都有所降低。在 200 MPa 时, 酶活力最低。超高压处理钝化酶是通过改变酶蛋白的构象即变性来抑制酶的活性。酶的催化作用的部位是其活性中心, 活性中心与三维构象有关。蛋白质构象的改变会导致蛋白质的变性, 同时影响到酶的功能。酶活中心的微小变化可能使酶失去活性^[6]。100~300 MPa 压力引起的酶蛋白变性是可逆的; 超过 300 MPa 的超高压处理可使酶蛋白产生不可逆的变性, 但是要使酶完全失去活性往往需要极高的压力和较长的保压时间^[7], 并且不同来源的 PPO 酶耐压差异性相当大。

由于杏鲍菇组织松软, 含水量高, 而水分多少会直接影响到菌体的鲜度和风味。蘑菇在离开培养料后, 仍然是活的有机体, 生命活动的中心变成以呼吸作用为主。此时菇体将体内的有机质分解、氧化, 不断地丧失水分和排出二氧化碳。菇体失水过多会引起收缩、起皱、开裂, 木质化程度高, 质地变硬, 商品质量显著降低等。低温环境能够降低菇体的呼吸强度, 可减慢失水速度。从表 1 得知, 随着压力的升高, 失重率逐步增加。在 200 MPa 以上的压力下, 失重率增幅明

显加大。通过对各个压力下的感官评定可以得知，随着压力的增加杏鲍菇变得富有弹性和咀嚼性，菇体表

面变得光滑，口感细腻。但在压力升至 300 MPa 时，杏鲍菇弹性降低，开始变软。

表 2 不同压强，同一保压时间下对杏鲍菇的影响

Table 2 Effect of different pressure levels at constant holding time on the quality of *Pleurotus eryngii*

压力/MPa	测定指标				
	PPO 酶活/U	失重率/%	色差(L*)	色差(b*)	硬度/N
对照组(0.1)	599±31.26	0.34%±0.00	90.39±0.81	12.16±0.75	1.778±0.08
100/9 min	626±21.42	1.41%±0.00	83.11±0.41	17.28±0.41	1.723 ±0.08
150/9 min	382±63.69	1.90%±0.00	80.67±0.93	19.05±0.94	1.150 ±0.07
200/9 min	174±37.03	5.24%±0.00	81.68±0.88	15.52±0.35	0.915 ±0.09
250/9 min	189±4.90	19.80%±0.00	80.00±1.25	15.92±0.89	0.748 ±0.03
300/9 min	272±4.90	35.36%±0.01	78.87±0.37	10.43±1.57	0.738±0.07

由表 4 中可知，超高压处理杏鲍菇的色差亮度 (L*) 值随着压力的升高而降低，黄度 (b*) 值随着压力的升高，先升高后下降。高压处理杏鲍菇的亮度 (L*) 值、黄度 (b*) 值与未处理的相比数值都有所升高。超高压处理对食品的色泽会有影响。马汉军等将肉样在室温下用不同压力处理了 20 min。结果显示：随着压力的升高，亮度 (L*) 值增加，高于 400 MPa 时保持稳定；红度 (a*) 值下降，高于 400 MPa 下降速度缓慢；黄度 (b*) 值基本不变；高压处理使肌红蛋白总量降低，高铁肌红蛋白的比例在 400 MPa 以上显著增加^[8]。超高压处理的杏鲍菇，亮度 (L*) 值、黄度 (b*) 值升高的原因是压力使杏鲍菇中的水分被挤出，菇体表面有一层水膜，并且压力使菇体的结构

变得紧凑，使得颜色加深，通过感官评定中色泽可以得知这一变化。

表 3 感官评定评分表(同一保压时间)

Table 3 Sensory evaluation scores (at constant holding pressure and time)

压力/MPa	评判指标			
	弹性	色泽	气味	咀嚼性
对照组(0.1)	2.7	5	5	3
100/9 min	2.7	5	5	3
150/9 min	3	4	5	3
200/9 min	4	4	4	4
250/9 min	3	3.3	4	4
300/9 min	2.3	3	2.3	4

表 4 不同保压时间，同一压强下对杏鲍菇的影响

Table 4 Effect of different holding time at constant pressure on the quality of *Pleurotus eryngii*

保压时间/min	测定指标				
	PPO 酶/U	失重率/%	色差(L*)	色差(b*)	硬度/N
对照组	612±21.23	0.38±0.01	90.67±0.81	12.26±0.75	1.693±0.11
3	328±7.36	1.89±0.01	85.34±0.78	15.02±1.82	1.213±0.12
6	576±69.31	3.26±0.01	84.22±1.87	15.20±1.05	1.287±0.08
9	168±6.18	4.84±0.04	83.77±1.21	12.83±2.64	1.041±0.86
12	318±11.81	2.63±0.01	82.61±1.70	14.00±1.38	1.196±0.05
15	281±41.41	2.63±0.01	82.39±0.80	14.97±0.41	0.978±0.05
18	302±29.04	3.65±0.02	83.35±1.36	12.96±0.01	0.912±0.11

食品的粘度、均匀性及结构等特性对超高压较为敏感^[9]。由表 4 可知，随着压力的增加硬度逐渐下降，与未经压力处理的样品相比硬度也是下降的。Matser 等人比较了压力处理与热处理蘑菇的品质，结果压力处理后的蘑菇硬度和组织度较好，并不影响后期蘑菇的烹饪，压力处理对产量品质几乎没有影响^[10]。高压处理的杏鲍菇硬度下降，弹性、咀嚼性加强，这使得杏鲍菇与未压的相比拥有较好的口感，优化了样品品质。但当压力大于 200 MPa 时，弹性降低、咀嚼性过

强，有损杏鲍菇品质。

2.1.2 杏鲍菇各项指标在不同保压时间内的变化

通过实验数据及有关分析得出杏鲍菇在 200 MPa 下处理比较适合。杏鲍菇在 200 MPa 下分别处理 0 min、3 min、6 min、9 min、12 min、15 min、18 min 后，分析样品的各项指标变化。从表 5 中可以观察到，杏鲍菇中 PPO 酶活在整个保压时间梯度下，先下降后上升的；在保压 9 min 时，酶活最低。酶活力的大小

决定着食品保存期限，酶活力大的样品保存时间短，反之，储存期限长。

表 5 感官评定得分表（同一压力）

Table 5 Score of sensory evaluation (at constant pressure)

保压时间/min	评判指标			
	弹性	色泽	气味	咀嚼性
0	2.7	5	5	3
3 min	4	5	4	3.3
6 min	5	5	5	3.7
9 min	5	5	5	5
12 min	4	5	4	4
15 min	3	5	4	5
18 min	3	4.7	3.6	5

样品的失重率随保压时间的延长而增加。通常蘑菇子实体中的水分为三类：结构水（组织内部的）、游离水（细胞之间的）和体表水（环境的加湿或者是雨水）。因为杏鲍菇的组织疏松，细胞间的水分容易随着被挤压时间延长而增多。但在 12、15 min 时保持了恒定失重率，这可能是在此压力下，由于外力导致的水分流失只能到达 2.63% 的程度。但在保压 18 min 时，失重率又继续增加。结合不同保压时间下感官评定的结果，在 18 min 时杏鲍菇的弹性与 15 min 相同，开始发黏咀嚼性降低。这可能是保压时间的延长进一步破坏了杏鲍菇的组织，导致失重率增加。

杏鲍菇样品的亮度 (L^*) 随保压时间的延长而降低，黄度 (b^*) 值在 9 min 时最小，在其它时间内都较高；并且在保压时间大于 9 min 时，虽然亮度 (L^*) 值较不同压力下的亮度 (L^*) 值高，但黄度 (b^*) 值与之差异较小。这说明虽然较长的保压时间对亮度影响变小，但对于黄度却有了较大影响。

从表 5 中可以看到，随着保压时间的延长，硬度逐渐下降，这与失重率的整体变化趋势是相符合的，水分的流出软化了杏鲍菇结构，使之弹性加强，在合适的保压时间内，杏鲍菇拥有较未经高压处理的相比拥有较好的品质。

2.2 超高压处理与未处理的杏鲍菇在储藏期各项指标的变化

2.2.1 超高压处理对杏鲍菇多酚氧化酶 (PPO) 的影响

由图 1 可知，在储藏期内，酶活力均是先下降再上升，再下降；未高压处理的杏鲍菇的酶活力与经高压处理相比酶活降低高很多。这是因为高压破坏了酶的结构，使其丧失部分氧化能力，酶活力降低。未高

压处理的酶活力先下降是因为储藏温度低 ($4\text{ }^\circ\text{C}$)，不是酶存在的最适温度，并且在持续的储藏过程中酶的活性又开始恢复。因此，未高压处理的杏鲍菇最多只能储藏 7~8 d。而经 200 MPa 高压处理的杏鲍菇，在前 4 d 的储藏过程中，酶活力下降明显，甚至达 50.6。PPO 酶是影响食品感官品质的重要因素，因此，酶活低，食品自然可以保存更长的时间。虽然在后期酶活又上升，但前 4 d 低的酶活力已经能够让杏鲍菇可以延长保存时间。杏鲍菇储藏到 10 d 时开始变坏，12 d 时，杏鲍菇表面产生较多的粘液。这是因为储藏后期酶活力依然存在，并在氧化的累积过程中杏鲍菇开始腐烂变质。

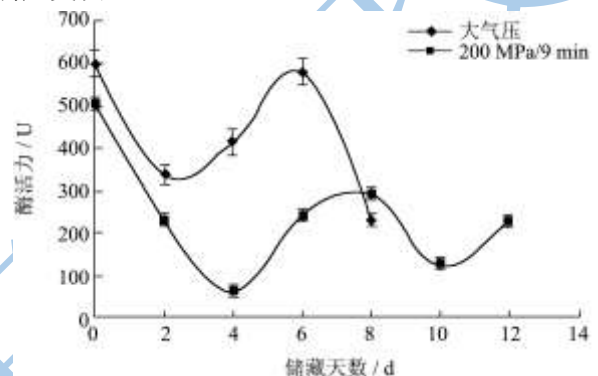


图 1 超高压处理的杏鲍菇样品在 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 保藏期内 PPO 酶活力的变化

Fig. 1 Changes in PPO activity of HHP-treated and untreated *Pleurotus eryngii* samples during storage at $4\text{ }^\circ\text{C}$

2.2.2 超高压处理对杏鲍菇失重率的影响

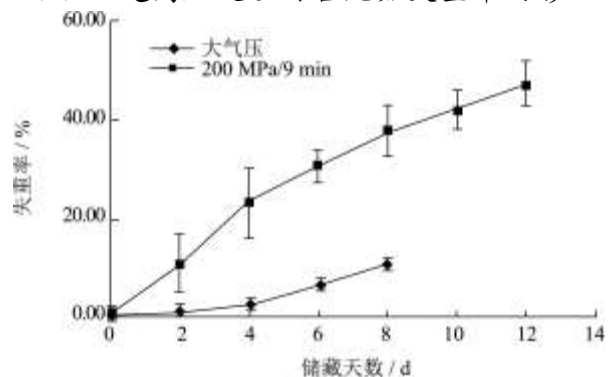


图 2 超高压处理的杏鲍菇样品在 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 保藏期内失重率变化

Fig. 2 Changes in rate of weight-loss of HHP-treated and untreated *Pleurotus eryngii* samples during storage at $4\text{ }^\circ\text{C}$

影响失重率的主要因素是水分，杏鲍菇含水量丰富，在经高压处理后，组织间的水分被挤出，失重率比未经高压处理大很多。并且随着储藏天数的延长失重均持续增加，经高压 200 MPa 处理的杏鲍菇，失重率增幅明显。这是由于高压将游离水排出菌体内过多，使菌肉结构疏散，更易导致后期失重率的增加。而未经高压处理的杏鲍菇，在 $4\text{ }^\circ\text{C}$ 储藏下，仅靠菌体呼吸

丧失的水分一定比外力挤出的水分少，并且冷藏温度(4 °C)下，菌体呼吸变弱也是失重率减少量小的原因之一。

2.2.3 超高压处理对杏鲍菇色差的影响

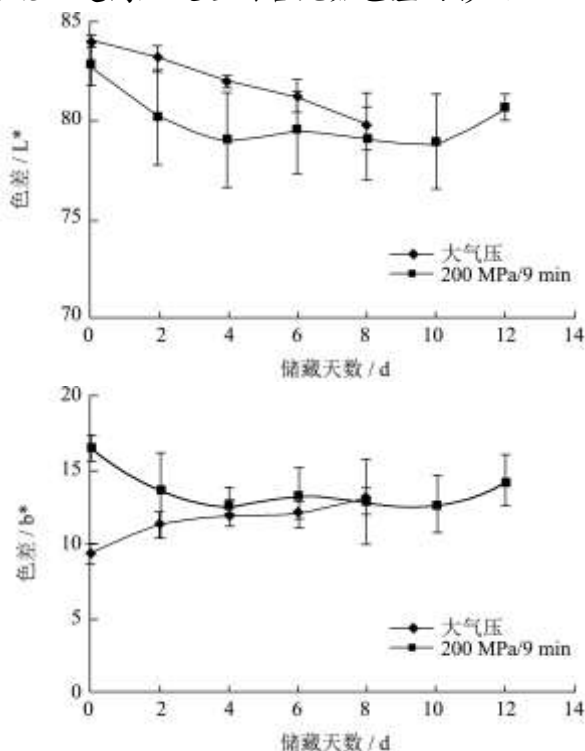


图3 超高压处理和未处理的杏鲍菇样品在4 °C保藏期内色差变化

Fig.3 Changes in the color of HHP-treated and untreated *Pleurotus eryngii* samples during storage at 4 °C

由图3可知，未经高压处理的杏鲍菇的亮度(L*)值比经200 MPa处理的高，黄度值低。在储藏期间，未经高压处理的在前4 d内，色差变化较小。但后期亮度降低较快；在储藏7 d后，菌肉从边缘开始变坏，变黄明显。而经高压处理的虽然亮度初始值低，但在后期过程中变化较小，较稳定。这与酶活性有关，在酶活降低过程中色差的变化较小，尤其是黄度(b*)值。

2.2.4 超高压处理对杏鲍菇质构的影响

超高压处理杏鲍菇的质构有很大影响。经200 MPa高压处理的硬度比未经高压处理的小很多。在储藏过程中，未经高压处理的杏鲍菇硬度降幅明显，伴随着失重率的变化杏鲍菇结构更疏松，切片表面变得凹凸不平，品质严重下降；200 MPa处理的杏鲍菇，硬度变化幅度小，并且在整个过程中切片表面结构较小。

3 结论

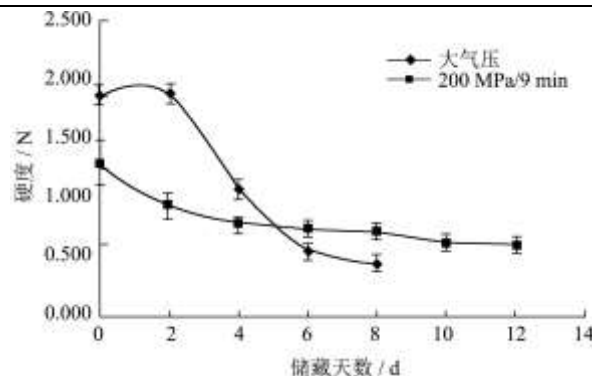


图4 超高压处理和未处理的杏鲍菇样品在4 °C保藏期内硬度变化

Fig.4 Changes in hardness of HHP-treated and untreated *Pleurotus eryngii* samples during storage at 4 °C

3.1 超高压处理及保压时间对样品的影响

样品的PPO酶活力随着压力和保压时间的增加，先下降后上升；随着压力和保压时间的增大，样品的失重率逐渐增加；超高压压力的增加和保压时间的延长，使色差中的亮度(L*)值逐渐下降，黄度(b*)值先降低后增加；硬度随着压力的增加和保压时间的延长呈减小的趋势。通过指标的测定，再结合感官评定综合分析，200 MPa/9 min处理过的杏鲍菇品质较为好。

3.2 超高压处理对新鲜杏鲍菇贮藏特性的影响

未经处理的PPO酶活力和超高压处理过的在储藏期先下降再上升，但未处理的酶活一直比处理过的酶活力高很多。酶活越高，氧化能力越强，食品保藏期限越短。超高压处理和未高压处理的失重率均是上升的，这是正常的现象，虽然菌菇离开生命体但仍继续进行呼吸作用，造成水分的流失。未高压处理的黄度值随储藏天数的延长增加明显，亮度近乎直线下降，高压处理的色差变化幅度不大，差异较小。杏鲍菇的重要品质之一硬度，高压处理的杏鲍菇变化幅度较小，能够在储藏期内维持良好的品质。

参考文献

[1] 李利华. 杏鲍菇多酚氧化酶的酶学特性研究[J]. 食品工业科技, 2013, 34(10): 175-177
 LI Li-hua. Study on enzymatic characteristics of polyphenol oxidase from *pleurotus eryngii* quel [J]. Science and Technology of Food Industry, 2013, 34(10): 175-177

[2] 王戩, 李延辉. 超高压技术及其在食品工业中的应用[J]. 吉林农业科技学院学报, 2008, 17(2): 11-13
 WANG Jian, LI Yan-hui. The application of ultra-high

- pressure technology in food industry [J]. Journal of Agriculture Science And Technology College, 2008, 17(2): 11-13
- [3] 寇莉萍,王敏,侯豪豪.贮藏温度对鲜切杏鲍菇呼吸强度和贮藏品质的影响[J].食品工业科技,2012,5:340-342
KOU Li-ping, WANG Min, HOU Hao-hao. The effect of storage temperature on the respiratory intensity and quality of fresh-cut pleurotus eryngii [J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 5: 340-342
- [4] 严启梅,牛丽影,袁春新,等.预处理对杏鲍菇脆片品质的影响[J].食品科学,2012,33(6):74-77.
YAN Qi-mei, NIU Li-ying YUAN Chun-xin. The effect of pretreatments on the quality of pleurotus eryngii chips [J]. Food Science, 2012, 33(6): 74-77
- [5] 杏鲍菇.福建省地方标准 DB35/504-2003[S]
Pleurotus Eryngii. Local Standard of Fujian Province DB35/504-2003[S]
- [6] 曾庆梅,潘见,谢慧明,等.超高压处理对多酚氧化酶活性的影响[J].高压物理学报,2004,18(2):143-147
ZENG Qing-Mei, PAN Jian, XIE Hui-Ming. The effect of ultra-high pressure treatment on the activity of polyphenol oxidase [J]. Chinese Journal of High Pressure Physics, 2004, 18(2): 143-147
- [7] 宋吉昌.食品超高压保鲜技术理论及实验研究[D].青岛科技大学硕士学位论文,2009,4:14-15
SONG Ji-chang. The study of ultra-high pressure food preservation technology theoretical and experimental [D]. The Master's Degree Thesis of QingDao University of Science & Technology, 2009, 4: 14-15
- [8] 姜英杰,杨振东.超高压处理对食品的影响[J].食品工业 2011,11:75-77
JIANG Ying-jie, YANG Zhen-dong. The effect of ultra-high pressure treatment of food [J]. Food Industry, 2011, 11: 75-77
- [9] 刘延奇,吴史博.超高压对食品品质的影响[J].食品研究与开发,2008,29(3):137-140
LIU Yan-qi, WU Shi-bo. The effect of ultra-high pressure on quality of food [J]. Food Research and Development, 2008, 29(3): 137-140
- [10] 殷坤才,沈业寿,黄训端,等.超高压技术在食用菌加工中的应用研究[J]农产品加工·学刊,2010,6(2):12-14
YIN Kun-cai, SHEN Ye-shou, HUANG Xun-duan, et al. Study on application of ultra-high pressure technology in food processing of agricultural products processing [J]. Journal of Agricultural Products Processing, 2010, 6(2): 12-14
- [11] 陈复生.食品超高压加工技术[M].北京:化学工业出版社,2005
CHEN Fu-sheng. The ultra-high pressure of food processing technology [M]. Beijing: Chemical Industry Press, 2005
- [12] 楼雄珍.双孢菇的超高压处理工艺研究[D].浙江农林学院硕士学位论文,2008
LOU Xiong-zhen. The ultra-high pressure processing technology research of agaricus bisponus [D]. The Master's Degree Paper of Zhejiang A & F University, 2008
- [13] 夏远景.超高压处理食品基础工艺研究[D].大连理工大学夏远景博士学位论文,2012
XIA Yuan-jing. The food technology research of ultra-high pressure processing [D]. Xia Yuan-jing of Dalian University of Technology Doctoral Thesis, 2012
- [14] Escobedo-Avellaneda Z, Moure M P, Chotyakul N, et al. Benefits and limitations of food processing by high-pressure technologies: effects on functional compounds and abiotic contaminants [J]. CyTA-Journal of Food, 2011, 9(4): 351-364
- [15] 刘威,李树君,叶金鹏,等.超高压食品加工技术研究现状[C].农业机械化与全面建设小康社会-中国农业机械学会成立40周年庆典暨2003年学术年会论文集,2003.
LIU Wei, LI Shu-jun, YE Jin-peng. The present research situation of food processing by ultra-high pressure [C]. Agricultural mechanization and the comprehensive construction well-off society-Chinese society of agricultural machinery was founded 40 anniversary celebration ceremony and symposium, 2003