

# 3种保鲜方式对大平顶枣保鲜效果的影响

曹雪慧, 杨方威, 冯叙桥\*, 朱丹实, 刘丽萍, 于越

(渤海大学化学化工与食品安全学院, 辽宁省食品安全重点实验室, 辽宁锦州 121013)

**摘要:**以朝阳大平顶枣为原料,研究其在 $(4\pm 0.3)^{\circ}\text{C}$ 低温条件下,利用氯化钙、迷迭香提取物、热水处理3种常用保鲜方法对大平顶枣采后贮藏特性的影响。通过对大平顶枣的腐烂率、维生素C含量、可滴定酸含量、质构特性的变化以及风味物质检测,比较了不同处理方式对大平顶枣的贮藏保鲜效果。实验结果表明,2.0%氯化钙溶液浸渍、0.2%迷迭香提取物溶液浸渍、45℃热水浸泡均具有很好的保鲜效果。钙盐处理能有效抑制大枣的果皮硬度下降,保持枣果中 $V_C$ 和可滴定酸含量,迷迭香提取物显著( $p<0.05$ )降低了大枣腐烂率,保持枣果 $V_C$ 含量,热水浸泡处理可显著地( $p<0.05$ )提高好果率,延缓鲜果衰老。电子鼻检测的结果表明不同保鲜处理方式下,大枣中的芳香成分的变化速率和规律并不相同,采用线性判别分析(LDA)方法能很好地区分不同新鲜度的大平顶枣。

**关键词:**大平顶枣;保鲜方法;电子鼻;品质

## Effect of three fresh-keeping methods on storage quality of Dapingding jujube

CAO Xue-hui, YANG Fang-wei, FENG Xu-qiao\*, ZHU Dan-shi, LIU Li-ping, YU Yue

(College of Chemistry, Chemical Engineering and Food Safety, Bohai University, Food Safety Key Lab of Liaoning Province, Jinzhou 121013, China)

**Abstract:** Dapingding jujube of Chaoyang was used to study the keep-freshing effect of  $\text{CaCl}_2$ , rosemary extract, hot water at  $(4\pm 0.3)^{\circ}\text{C}$  low temperature. The quality attribute of rotting rate, vitamin C, titratable acidity, texture characteristics and flavor substances of the jujube were measured after different treatments. Results showed fresh-keeping effects were well with those treatments of 2.0%  $\text{CaCl}_2$  solution, 0.2% rosemary extracts solution, and 45℃ hot water. Calcium salt treatment could effectively inhibit the skin hardness decreased, maintain the content of  $V_C$  and titratable acidity. Rosemary extracts solution was a good way to decrease the rotting rate ( $p<0.05$ ), kept the  $V_C$  content significantly. Hot water treatment could improve the good fruit percentage ( $p<0.05$ ), delay fruit senescence remarkable higher than control treat. Electronic nose detection results showed that the aroma compounds of jujube in the rate of change and the law were not the same under different preservation approach. The linear discriminant analysis (LDA) method could be used to distinguish the freshness of jujube.

**Key words:** Dapingding jujube; fresh-keeping methods; electronic nose; quality

中图分类号: TS255.36

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2014)06-0325-05

大平顶枣(*Ziziphus jujuba* Mill. cv. Dapingding), 别名平顶枣,盛产于辽宁省西部的朝阳县及朝阳市郊区,枣果甜中具酸,鲜脆可口,营养丰富,色如玛瑙,有“北方玛瑙”之美誉<sup>[1]</sup>。但是其鲜枣较难贮藏,常温下仅能保持几天的鲜脆状态,枣果极易失水皱缩、腐烂软化,果肉一旦变软,鲜食品质便大大下降。

目前,关于鲜枣贮藏保鲜主要有低温冷藏<sup>[2]</sup>、钙

盐处理<sup>[3-4]</sup>、热水处理<sup>[5-6]</sup>等保鲜方式。当前,有关大平顶枣采后生理生化特性变化及贮藏保鲜研究方面的文献报道还较少。此前,笔者对八成熟大平顶枣在不同温度条件下的贮藏效果进行了摸索实验,发现其在常温下极难贮藏,而在0~4℃低温条件下贮藏可获得较好的保鲜效果。本文在前人研究的基础上,在4℃条件下对大平顶鲜枣进行钙盐溶液浸渍、迷迭香提取物溶液浸渍、热水浸泡处理等采后贮藏保鲜实验研究,以期为大平顶枣的贮藏保鲜提供一定的依据。同时尝试利用电子鼻PEN3系统对不同储藏方式及时间下大枣芳香成分进行检测分析,探究贮藏期间大平顶枣的风味品质。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

供试朝阳大平顶枣原料 选购于朝阳市朝阳县

收稿日期: 2013-08-01 \* 通讯联系人

作者简介: 曹雪慧(1978-)女,博士,研究方向:食品安全与质量控制。

基金项目: 辽宁省食品安全重点实验室暨辽宁省高校重大科技平台

“食品贮藏加工及质量控制工程科技研究中心”开放课题

(LNSAKF2011012); 国家级大学生创新训练项目

(201210167023); 辽宁省食品质量与安全专业优秀教学团

队项目(SPCX20)。

农户果园,原料均为刚采摘的新鲜八成熟左右鲜枣,运回实验室后,挑选无病虫害、无机械伤、果型大小均匀一致的枣果,立即入 $(0\pm 0.5)^{\circ}\text{C}$ 冷库预冷,以排除枣果的田间热。水溶性迷迭香提取物 禹州市森源本草天然产物有限公司;无水氯化钙、抗坏血酸、草酸、2,6-二氯酚酸钠、氢氧化钠、邻苯二甲酸氢钾等均为分析纯。

JA5003型千分之一电子天平 上海舜宇恒平科学仪器有限公司;DL-1型电子万用炉 北京市永光明医疗仪器有限公司;HH-6型数显恒温水浴锅 国华电器有限公司;JT-09A-5型恒温磁力搅拌器 上海一恒科技有限公司;SHB-D( )型循环水真空泵 上海申光仪器仪表有限公司;MIR-254型低温恒温培养箱 日本SANYO公司;TA.XT Plus型物性测试仪 英国Stable Micro System公司;AIRSENSE PEN3型电子鼻 德国AIRSENSE公司。

## 1.2 实验方法

1.2.1 处理方法 预冷完成后,将枣取出,放置,平衡至室温,测定其各项指标的初始值。将剩余的枣随机平均分为A、B、C、D四组,每组样品依次作如下处理:A组-蒸馏水浸泡5min(作为空白对照组)、B组-2.0%氯化钙溶液浸渍5min、C组-0.2%迷迭香溶液浸渍5min、D组-45 $^{\circ}\text{C}$ 热水浸泡5min,晾干,置于 $(4\pm 0.3)^{\circ}\text{C}$ 低温恒温培养箱中贮藏,每隔7d测定一次指标。

1.2.2 腐烂率的测定 在每组处理中均取出20个枣,进行单独的失重率和腐烂率测定。枣果腐烂率,按果实腐烂、生菌斑面积大小将果实划分为4级:0级,无腐烂;1级,腐烂面积小于果实表面积的10%;2级,腐烂面积占果实表面积的10%~30%;3级,腐烂面积大于果实表面积的30%。

按下式计算腐烂指数:

$$\text{腐烂率}(\%) = \frac{\sum(\text{腐烂级别} \times \text{该级果实})}{\text{最高腐烂级别} \times \text{总果实}} \times 100$$

1.2.3 维生素C含量的测定 维生素C含量按照GB 6195-1986 水果、蔬菜维生素C含量测定法(2,6-二氯酚酚滴定法)<sup>[7]</sup>进行测定。

1.2.4 可滴定酸含量的测定 用氢氧化钠溶液滴定法<sup>[8]</sup>测定可滴定酸含量。

1.2.5 质构特性的测定 使用物性测试仪进行穿刺实验,采用P/2针状探头,测前速度5mm/s,测中速度1mm/s,测后速度5mm/s,穿刺深度根据枣果大小设定,应小于(枣果横径-果核横径)/2,本实验将穿刺深度设为5mm,每果取最大横径处阴阳面2个部位测得,每处理组样品随机取20个果实,取平均值<sup>[9]</sup>。枣果穿刺实验曲线图由质构仪自带软件Texture Exponent 32完成,根据枣果的特征质地曲线,进行Macro程序的编辑并对所得曲线的含义进行定义,在质构仪探头穿刺1.5s之前出现的最大力值为大枣果皮硬度,在1.5~5s之间力的平均值为大枣果肉硬度,在5~6s之间穿刺曲线与时间轴所围成的面积为大枣果肉黏度(数值上显示为负值)。

1.2.6 电子鼻气味成分分析 每组取出适量枣果,单独进行电子鼻测定。每次取相同枣样,放入干净烧

杯中,用保鲜膜封口,在室温下平衡0.5h,使用AIRSENSE PEN3电子鼻进行气味分析。实验参数为:流速100mL/min,测定时间90s,洗气时间100s,样品准备时间5s,自动调零时间5s。实验发现传感器响应值在68~73s时间段已趋于稳定,故选择70s处的响应值用于数据分析。

1.2.7 数据统计分析 实验数据是多次重复的平均值,用SPSS 19.0统计软件分析各实验组数据结果的平均值、标准偏差,利用Duncan新复极差法进行多重比较,使用Excel 2007作图描绘各实验指标的变化曲线。

## 2 结果与分析

### 2.1 大平顶枣腐烂率的变化

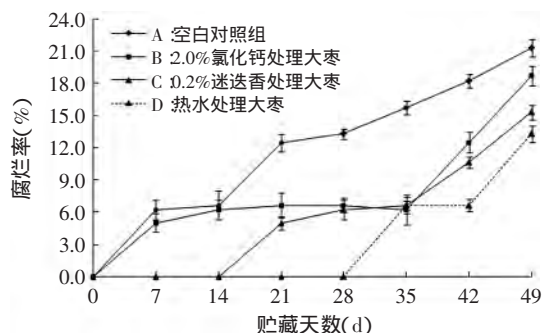


图1 不同保鲜处理大平顶枣腐烂率的变化

Fig.1 Effect of different preservation processing for Dapingding jujube rotting rate

由图1可知,随着贮藏时间的延长,大平顶枣的腐烂率逐渐升高。空白对照处理大枣在贮藏前期即见腐败现象,且在贮藏后期腐烂率急剧升高,贮藏末期腐烂率已达21.3%。B组处理大枣在贮藏期间的腐烂率要高于其他保鲜组,尤其是贮藏前期阶段。C组、D组处理大枣在整个贮藏期间均具有低腐烂率,说明迷迭香提取物和热水处理均能抑制大枣在贮藏期间的腐烂变质。在抑制鲜枣腐烂方面,方差分析结果显示A组与C组、A组与D组有显著性差异( $p < 0.05$ ),但C组与D组差异不显著( $p > 0.05$ );即经过保鲜剂处理的大枣要优于不作保鲜处理的空白对照,迷迭香提取物溶液浸渍、热水处理均具有显著的保鲜效果。热水处理可以杀灭枣果中的潜伏病菌,降低腐烂,提高好果率,有利于延缓鲜枣的衰老,延长其贮藏时间<sup>[10-11]</sup>。这与其他学者在鲜枣果实上进行的热处理研究结果一致<sup>[5-6,11]</sup>。

### 2.2 大平顶枣质构特性的变化

由图2可知,在贮藏前期(前21d)C组处理大枣的果皮硬度下降最快,其他组果皮硬度变化不明显;在贮藏第35d时A组、B组的大枣果皮硬度已降至很低,C组在贮藏第42d降为最低,在整个贮藏期间D组大枣的果皮硬度一直在下降,有可能是热水处理破坏了大枣细胞的完整致密结构,导致果皮易破碎。在贮藏末期B组大枣的果皮硬度最高,说明钙盐处理能在一定程度上维持枣果的果皮硬度,而在贮藏中期C组大枣果皮硬度下降较快可能是迷迭香中的萜类、酚

类物质激活了果皮细胞的酶类系统,导致其组织结构软化、溃烂。

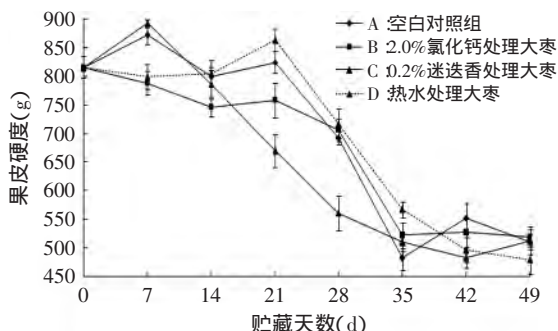


图2 不同保鲜处理大平顶枣果皮硬度的变化

Fig.2 Effect of different preservation processing for Dapingding jujube peel degree of hardness

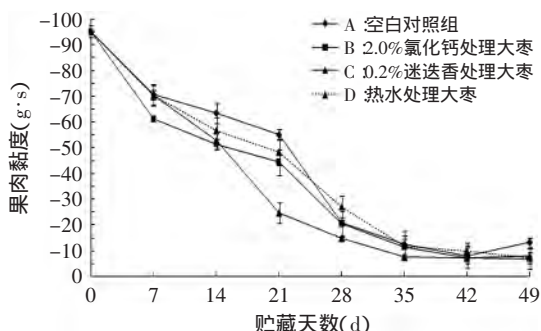


图3 不同保鲜处理大平顶枣果肉黏度的变化

Fig.3 Effect of different preservation processing for Dapingding jujube flesh viscosity

由图3可知,在整个贮藏期间,各组的果肉黏度绝对值大小逐渐减小,说明大枣果肉从柔嫩多汁、糖分等可溶性固形物丰富逐渐变得失水皱缩、干瘪坚韧。各处理组之间果肉黏度变化差异不显著( $p>0.05$ ),但钙盐和热水处理能适当延迟果肉黏度的下降。

钙在延缓果蔬采后衰老方面的作用已有很多报道。早期的研究表明,钙离子可与果胶酸生成不溶于水的果胶酸钙,在细胞间形成共价键桥而维持组织的质地,抑制软化;采前或采后钙处理能明显提高果肉组织钙含量,抑制 $V_c$ 损失,改善果实品质,提高贮藏好果率和商品果率,延长果实贮藏期<sup>[12-13]</sup>。

### 2.3 电子鼻分析

利用电子鼻PEN3系统对不同储藏方式及时间下大枣芳香成分进行检测分析。实验先通过电子鼻系统动态采集大枣芳香成分并得到电子鼻的响应值,利用LDA模式识别方法进行数据分析。图4表示在4℃处理条件下不同储藏方式大平顶枣的LDA分析图,由图4可知,LDA方法能很好地区分不同储藏时间的大平顶枣。

由电子鼻LDA分析图可知,四种不同保鲜贮藏处理方式下大平顶枣风味物质在前14d变化不显著,在第35d变化规律又出现突变,前期可能是由于大枣尚在成熟阶段,中期的变化则可能是由于大枣开始出现了腐烂霉变等异味。由于LDA分析方法注重芳

香速率(图中各类中心点之间的距离)变化分析,由图4可以看出,对于不同的保鲜处理组,大枣的芳香速率变化大都呈波浪形。即从第0~14d速率变化(距离)都较小,但从第14~42d的过程中速率变化变大,而从第42~49d的速率变化又变慢。这种变化应该是由大枣的成熟程度演变、呼吸系统变化引起的。因为刚采摘的大枣尚未完全成熟,呼吸循环和分解代谢不剧烈,所以果实内部芳香成分含量改变较小,随着储藏时间的延长,大枣逐渐成熟,呼吸作用加快,分解与合成速率升高,芳香成分随之变化加快,随着储

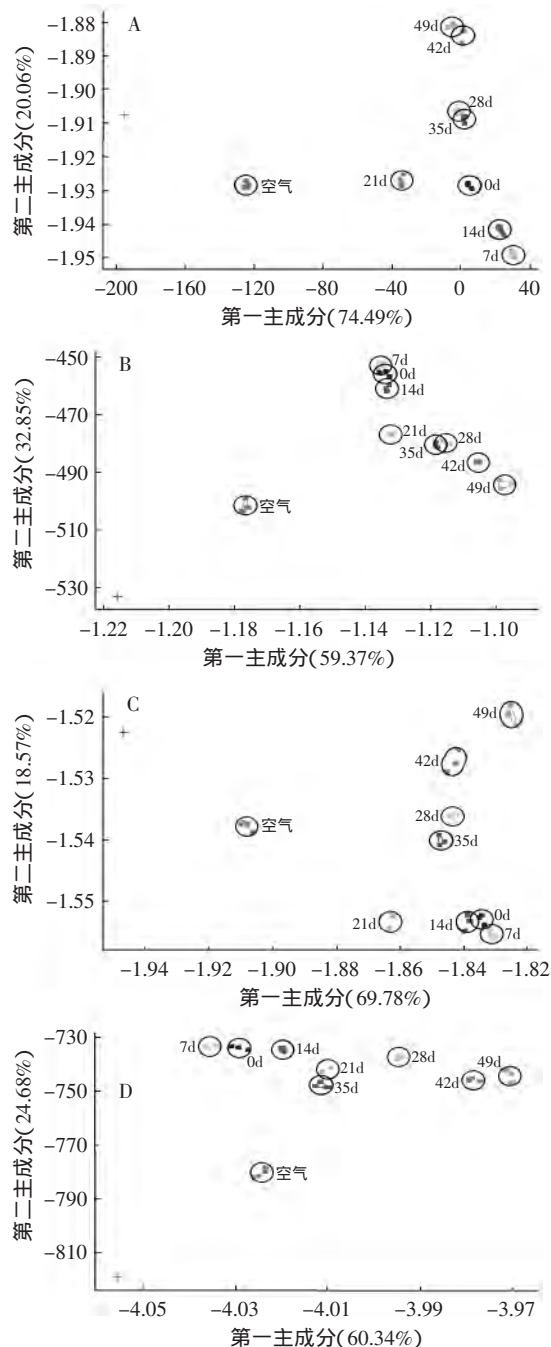


图4 不同保鲜处理对大平顶枣电子鼻风味的影响

Fig.4 Effect of different preservation processing for Dapingding jujube electronic nose aromatic flavor

注:A:空白 B:2.0%氯化钙处理大枣 C:0.2%迷迭香处理大枣 D:热水处理大枣。

藏时间的进一步延长,由于大枣表皮水分的流失,使得其表皮缩紧、果肉木质化,且营养成分被逐渐消耗殆尽,芳香成分也就随之变化不太明显<sup>[14-15]</sup>。另外,从图4的比较得出,芳香物质速率变化的趋势虽然是相似的,但速率大小、变化规律并不太一样,这说明在不同保鲜处理方式下,大枣具体芳香成分的变化速率、变化量、变化规律是不尽相同的<sup>[16-17]</sup>。A组、C组的气味成分响应值变化较大,B组、D组的气味成分响应值变化较小,这可能显示出了2.0%氯化钙处理、热水处理能够抑制大平顶枣的风味成分变化,具有较好的保鲜效果,延缓了枣果营养物质分解代谢消耗,能维持枣果较好的贮藏品质。

#### 2.4 大平顶枣维生素C含量的变化

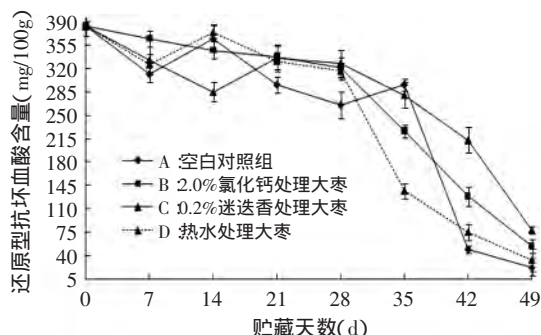


图5 不同保鲜处理大平顶枣抗坏血酸含量的变化

Fig.5 Effect of different preservation processing for Dapingding jujube ascorbic acid content

由图5可知,大平顶枣在采摘时的维生素C含量很高,可达383.05mg/100g,具有很好的鲜食品质;但在贮藏期间,随着贮藏天数的延长,大枣中维生素C含量逐渐下降。在贮藏末期,B组、C组大枣的维生素C含量分别为54.62、78.50mg/100g,且与A组、D组大枣差异显著( $p < 0.05$ )。由实验结果可知,在低温冷藏条件下,利用钙盐、迷迭香提取物浸渍处理,大枣中维生素C含量能得到较好的保持,能够延迟还原型抗坏血酸的氧化、降解;由于高温会破坏枣果中的维生素,因此热水处理会加快大枣中维生素C含量的流失。

#### 2.5 大平顶枣可滴定酸含量的变化

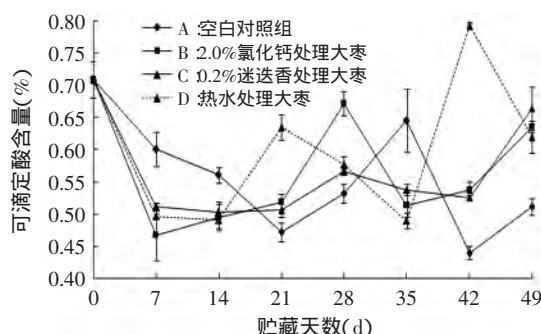


图6 不同保鲜处理大平顶枣可滴定酸含量的变化

Fig.6 Effect of different preservation processing for Dapingding jujube titratable acid content

有机酸在贮藏过程中会作为呼吸底物被分解,

从而合成ATP,另外一部分会转化为可溶性糖<sup>[18]</sup>;果蔬中还原糖和可溶性固形物含量的升高部分就是由于有机酸的分解产生的,从而导致可滴定酸含量呈下降趋势<sup>[19]</sup>,因此贮藏时间较长的枣果糖酸比会升高,口感会变得更甜。由图6可知,贮藏过程中各处理组大枣的可滴定酸含量呈现出先下降后上升的波动趋势。B组、C组、D组在贮藏的前一周里,各组的可滴定酸含量急剧下降;A组大枣的可滴定酸含量在前三周里呈现出一直下降的趋势,在第35d出现峰值,此后该组可滴定酸含量继续下降。贮藏前期大枣可滴定酸含量的下降可能是由于其由成熟过渡到完熟,呼吸作用加快,有机酸、糖类等营养物质消耗增加;贮藏后期大枣可滴定酸含量出现升高,可能是由于大枣失水严重导致各种呈酸性物质浓度增大和贮藏后期大枣由于微生物侵染、酸性次级代谢产物积累以及大枣自身的呼吸作用、酒化等引起的。

### 3 结论

采后CaCl<sub>2</sub>处理能抑制大平顶枣质构特性、V<sub>C</sub>含量、可滴定酸含量的变化,维持枣果正常的生理代谢,延缓枣果衰老过程。迷迭香提取物能够很好地降低大平顶枣的腐烂率,减缓V<sub>C</sub>含量和可滴定酸含量的下降。热水处理可以杀灭大枣中的潜伏病菌,降低腐烂,提高好果率,抑制大平顶枣的风味成分变化,延长其良好的鲜食品质。

CaCl<sub>2</sub>、迷迭香提取物、热水处理等保鲜贮藏方式既能避免常规化学处理的有害物质残留等缺陷,同时由于操作简单,成本低廉,安全性高,对于大平顶枣的贮藏保鲜具有重要的实践意义。将果蔬的理化指标、营养品质与电子鼻表征气味结合起来,能够使果蔬的品质检测更为可靠、合理,并有利于实现果蔬新鲜度和成熟度的实时快速无损监测<sup>[20]</sup>。利用电子鼻PEN3系统对不同储藏方式及时间下大平顶枣芳香成分进行检测,能很好地区分不同储藏时间的大平顶枣,表明利用电子鼻能够检测区分不同新鲜度的大平顶枣。

### 参考文献

- [1] 马贵军,周云祥,闫洪玉,等. 朝阳大平顶枣优质丰产栽培技术[J]. 北方果树, 2004, 27(s1): 91.
- [2] 寇晓虹,王文生,吴彩娥,等. 鲜枣冷藏过程中生理生化变化的研究[J]. 中国农业科学, 2000, 33(6): 44-49.
- [3] Aghdama M S, Hassanpouraghdamb M B, Paliyathe G *et al.* The language of calcium in postharvest life of fruits, vegetables and flowers[J]. Scientia Horticulturae, 2012, 144(6): 102-115.
- [4] 王敏,张连斌,张继澍,等. 采后钙处理对冬枣生理和贮藏品质影响的研究[J]. 中国食品学报, 2004, 4(2): 78-81.
- [5] 曹明明,关文强,冯叙桥. 3种不同处理方法对冬枣贮藏品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2011, 37(12): 198-202.
- [6] 文颖强,冯嘉玥,任小林. 热空气处理对延长梨枣果实冷藏保鲜期的机理研究[J]. 农业工程学报, 2007, 23(12): 24-28.
- [7] GB 6195-1986 水果、蔬菜维生素C含量测定法(2,6-二氯酚靛酚滴定法)[S]. 北京: 国家标准局, 1986.

(下转第342页)

见显著性差异。

### 3 结论与讨论

蒸汽爆破技术应用于灵芝提取时的预处理过程中,灵芝多糖、三萜提取率明显高于未处理组,灵芝蒸汽爆破处理(1.5MPa,150s)后提取时间1h即可将多糖完全提取出来,灵芝汽爆处理后浸提1h的多糖提取率是未处理组浸提3h后10倍,蒸汽爆破2.1MPa,210s处理后灵芝粗提物中三萜的提取率增加了0.95倍,同时对蒸汽爆破法预处理制取的灵芝粗提物进行初步的安全性评价,经过测定得出小鼠经半数致死量(LD<sub>50</sub>)均大于15g/kg BW,该样品属无毒级;小鼠30d喂养实验结果表明,与对照组比较,蒸汽爆破法预处理制取的灵芝粗提物三个剂量组除淋巴细胞在正常范围内略有增加,其他组的体重、食物利用率、血液学、血液生化学、脏器比及高剂量组织病理学检查均未见异常,蒸汽爆破法预处理制取的灵芝粗提物高剂量组的剂量是人体推荐量(50mg/kg BW)的100倍。本次实验初步评估表明蒸汽爆破法预处理制取的灵芝粗提物无明显的毒副作用及不良反应。灵芝含有多种功能性成分,在未来的研究过程中,在对汽爆所得提取物的安全性进行更全面评估的同时,也可着重研究灵芝汽爆处理后提取物结构或组分的变化,灵芝提取物功能性的变化。

蒸汽爆破技术作为近年来新兴的处理技术,在灵芝加工过程中对功能性成分提取率的增加,提取时间的缩短等方面均有显著地作用,同时此方法处理时间短,耗能量低,仅有物理加工过程,无化学物质的污染,蒸汽爆破处理仓为罐式,可以进行大规模生产,在灵芝加工过程以及中草药提取方面具有广阔的前景。

### 参考文献

[1] 王爱成,李柏. 灵芝[M]. 北京:北京科学技术出版社,2003:

1-3.

[2] 林志彬. 灵芝的现代研究[M]. 北京:北京医科大学出版社,2001:284-304.

[3] 张一帆,张智,魏志艳,等. 四种方法提取灵芝粗多糖的得率比较实验[J]. 食用菌,2010,10(6):58-60.

[4] Z D Yu, B L Zhang, F Q Yu, et al. A real explosion: The requirement of steam explosion pretreatment[J]. Bioresource Technology, 2012, 121(8):335-341.

[5] L X Gong, L L Huang, Y Zhang. Effect of steam explosion treatment on barley bran phenolic[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60:7177-7184.

[6] Akihiro Kurosumi, Fumihisa Kobayashi, Godliving Mtui et al. Development of optimal culture method of Sparassis crispa mycelia and a new extraction method of antineoplastic constituent[J]. Biochemical Engineering Journal, 2006, 30:109-113.

[7] 张燕鹏,杨瑞金,华霄,等. 蒸汽爆破辅助提取高温豆粕中的蛋白质[J]. 食品与发酵工业,2013,39(1):190-193.

[8] 雷光鸿,崔素芬,柳嘉,等. 甘蔗叶蒸汽爆破法提取木糖的工艺研究[J]. 广西轻工业,2013,12(4):25-27.

[9] 陈凌华,程祖铤. 灵芝多糖热水提取条件的优化实验[J]. 浙江食用菌,2009,17(4):21-23.

[10] 张志军,朱越,罗莹,等. 灵芝中三萜化合物提取工艺[J]. 食品研究与开发,2009,30(9):81-83.

[11] GB 15193.1-15193.21 食品安全性毒理学评价程序和方法[S]. 北京:中国标准出版社,2003.

[12] G Z Chen, H Z Chen. Extraction and deglycosylation of flavonoids from sumac fruits using steam explosion[J]. Food Chemistry, 2011, 126:1934-1938.

[13] 康鹏,郑宗明,董长青,等. 木质纤维素蒸汽爆破预处理技术的研究进展. 可再生能源[J]. 2010,28(3):112-115.

[14] 郑建仙. 功能性食品:第三卷[M]. 北京:中国轻工业出版社,1999:35.

[15] 袁伯俊,廖明阳,李波. 药物毒理学实验方法与技术[M]. 北京:化学工业出版社,2007:631-640.

(上接第328页)

[8] 曹建康,姜微波,赵玉梅. 果蔬产后生理生化指导[M]. 北京:中国轻工业出版社,2007:28-30.

[9] 马庆华,王贵禧,梁丽松. 质构仪穿刺实验检测冬枣质地品质方法的建立[J]. 中国农业科学,2011,44(6):1210-1217.

[10] Lurie S. Postharvest heat treatments[J]. Postharvest Biology and Technology, 1998, 14(3):257-269.

[11] 李鹏霞,王贵禧,樊金拴. 热水处理对冬枣货架期品质的影响[J]. 西北林学院学报,2004,19(2):119-121.

[12] Hernández-Muñoz P, Almenar E, Valle V D et al. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria x ananassa*) quality during refrigerated storage[J]. Food Chemistry, 2008, 110(2):428-435.

[13] Aguayo E, Escalona V H, Artes F. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut Amarillo melon[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 47(3):397-406.

[14] Santonico M, Bellincontro A, Santis D D, et al. Electronic

nose to study postharvest dehydration of wine grapes[J]. Food Chemistry, 2010, 121(3):789-796.

[15] Benedetti S, Buratti S, Spinardi A et al. Electronic nose as a non-destructive tool to characterise peach cultivars and to monitor their ripening stage during shelf-life[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 47(2):181-188.

[16] 江琳琳,潘磊庆,屠康,等. 基于电子鼻对水蜜桃货架期评价的研究[J]. 食品科学,2010,31(12):229-232.

[17] 朱娜,毛淑波,潘磊庆,等. 电子鼻对草莓采后贮藏早期霉菌感染的检测[J]. 农业工程学报,2013,29(5):266-273.

[18] 陈忻,袁毅桦,蔡沂,等. 复配叶绿素铜钠对草莓的保鲜研究[J]. 食品科学,2007,28(9):571-573.

[19] 曹雪慧,邵悦,刘丽萍,等. 迷迭香提取液对草莓保鲜效果的研究[J]. 食品工业科技,2013,34(3):325-327.

[20] Zhang H M, Wang J, Ye S. Predictions of acidity, soluble solids and firmness of pear using electronic nose technique[J]. Journal of Food Engineering, 2008, 86(3):370-378.