

# 牦牛肝营养成分分析及营养评价

柳青海<sup>1,2</sup>, 矫晓丽<sup>1,2</sup>, 郭洁<sup>1,2</sup>, 李天才<sup>1,\*</sup>

(1.中国科学院西北高原生物研究所, 青海西宁 810008; 2.中国科学院研究生院, 北京 100049)

**摘要:** 研究牦牛肝中的营养成分与营养价值, 对牦牛肝中的基本营养成分、胆固醇、维生素、氨基酸以及矿质元素的含量进行测定, 结果表明, 新鲜牦牛肝中粗蛋白、粗脂肪、灰分、水分含量分别为19.7、2.9、0.7、70.9g/100g; 新鲜肝脏中富含 $\alpha$ -V<sub>E</sub>、维生素B<sub>12</sub>, 含量分别为1.50mg/100g和0.9mg/100g; 氨基酸总量为64.77g/100g, 必需氨基酸占氨基酸总量的41.14%, 缬氨酸是第一限制氨基酸, 4种鲜味氨基酸占氨基酸总量的20.20g/100g; 牦牛肝中富含Ca、Mg、Fe、Zn、Cu、Mo、Mn、K、Al等矿质元素。可见, 牦牛肝是一种高蛋白、低脂肪, 富含维生素和各种矿物质的健康食品。

**关键词:** 牦牛, 营养成分, 分析, 营养评价

## Analysis and evaluation of the nutritional composition in liver of yak

LIU Qing-hai<sup>1,2</sup>, JIAO Xiao-li<sup>1,2</sup>, GUO Jie<sup>1,2</sup>, LI Tian-cai<sup>1,\*</sup>

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China ;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Nutritional composition and nutritional value in the liver of yak were investigated. The macro nutrients, cholesterol, amino acids, vitamin and mineral elements in the liver were determined, the results indicated that the contents of crude protein, crude fat, crude ash and moisture in fresh liver were 19.7, 2.9, 0.7, 70.9g/100g, respectively; The contents of  $\alpha$ -V<sub>E</sub>, vitamin B<sub>12</sub> in fresh liver were 1.50, 0.9mg/100g, respectively. The total amount of amino acids was 64.77g/100g and essential amino acids for human accounted for 41.14g/100g of total content of amino acids, Valine was the first limiting amino acids. The content of four kinds of delicious amino acids accounted for 20.20g/100g of total content of amino acids. It's rich in trace elements, such as Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mo, Mn, K and Al, etc. Therefore, yak liver might be the safe and healthy food containing higher proteins and lower fat, richer vitamin and minerals.

**Key words:** yak, nutrient contents, analysis, nutritional evaluation

中图分类号: TS201.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2012)09-0417-04

牦牛属于偶蹄目、牛科、牛亚科动物中的稀有种。主要分布在青藏高原和喜马拉雅山脉海拔2500~6000m的高寒地区, 能耐零下30~40℃的严寒。我国的牦牛占世界总量的92%以上, 牦牛肝是牦牛肉加工的副产物, 目前除了传统的食用外, 尚未进一步开发利用, 利用效率较低<sup>[1-3]</sup>。传统的藏族医药中, 牦牛肝及其浸提物作为一种常用药材使用已久, 主要用于治疗贫血、营养不良等症状。本文对牦牛肝中各营养成分进行测定, 为具有青藏高原特色的牦牛肝资源的可持续利用与开发提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

新鲜牦牛肝(5kg) 购于青海西宁东川屠宰场。  
AR1140电子天平 Chaus Corp. Pine Brock, NJ,

USA; 电热恒温干燥箱(GZX-DH.600-S-) 上海跃进医疗器械厂; KSW电炉温度控制器 北京市光明医疗仪器厂; Waters 515型高效液相色谱仪 美国Waters公司; MOLELEMENT元素型超纯水机 上海摩勒生物科技有限公司; TAG-986原子吸收光谱仪 北京普析通用公司; Waters 2996二极管阵列检测器, Empower数据处理系统, 索氏提取仪, 马弗炉。

### 1.2 实验方法

1.2.1 原料预处理 新鲜牦牛肝, 用蒸馏水冲洗除去表面血迹, 去除结缔组织后, 取少量撕碎, 置于50℃条件下烘干, 研磨过40目筛, 用于测量微量元素含量。其余用匀浆机捣碎, 置于4℃冰箱备用。

1.2.2 牦牛肝中基本成分分析 水分含量测定: 常压干燥法, 参照GB/T 5009.3-2010。蛋白质含量测定: 凯氏定氮法, 参照GB/T 5009.5-2010。脂肪含量测定: 索氏抽提法, 参照GB5009.6-2003。灰分测定: 高温灼烧法, 参照GB5009.4-2010。

1.2.3 胆固醇的测定 分光光度法, 参照GB/T

收稿日期: 2011-07-26 \* 通讯联系人

作者简介: 柳青海(1985-), 男, 研究方向: 药用植物化学。

基金项目: 青海省科技厅成果推广项目(2007-G-523)。

5009.128-2003。

1.2.4 维生素的测定 高效液相色谱法测定维生素E, 参照GB/T 5009.82-2003 维生素B<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>, 参照GB 5413.11-2010 维生素B<sub>12</sub>, 参照 GB/T 5009.217-2008。

1.2.5 氨基酸含量测定 参照AOAC.1995方法<sup>[4]</sup> 称取样品50mg于10mL安培瓶中, 加入盐酸(1:1, 盐酸:水, v/v)6mL, 封口, 110℃恒温水解24h后, 冷却, 过滤, 80~90℃蒸干, 20mmol/L的盐酸定容至5mL。采用Waters 515型高效液相色谱仪测定17种不同氨基酸含量。色谱柱: phenomenex, Gemini C<sub>18</sub> (250×4.6mm, 5μm); 检测波长 360nm; 柱温 37℃; 检测器: Waters 2996二极管阵列检测器, Empower数据处理系统。

1.2.6 矿质元素分析 称牦牛肝干粉样0.5g左右, 精确至0.0001, 置于瓷坩埚内, 置可控温电热板上炭化完全后, 转入马弗炉中, 550℃灰化4h, 取出冷却至室温, 用5mL的5%硝酸溶解残渣, 转入50mL容量瓶中, 用5%的硝酸定容, 混匀备用。处理好的样品采用火焰原子吸收法进行测定。

### 1.3 营养评价

营养价值的评定根据FAO/WHO 1973年建议的氨基酸评分标准模式<sup>[5]</sup>和全鸡蛋蛋白质的氨基酸模式<sup>[6]</sup>, 分别按以下公式计算氨基酸评分(AAS)、化学评分(CS)和必需氨基酸指数(EAAI), 按以下公式求得:

$$AAS = \frac{\text{实验蛋白质氨基酸含量} [mg/(gN)]}{\text{FAO/WHO评分标准模式氨基酸含量} [mg/(gN)]} \times 100$$

$$CS = \frac{\text{实验蛋白质氨基酸含量} [mg/(gN)]}{\text{鸡蛋蛋白质中同种类氨基酸含量} [mg/(gN)]} \times 100$$

EAAI=

$$\sqrt[n]{\frac{\text{赖氨酸}^1}{\text{赖氨酸}^a} \times 100 \times \frac{\text{亮氨酸}^1}{\text{亮氨酸}^a} \times 100 \times \dots \times \frac{\text{缬氨酸}^1}{\text{缬氨酸}^a}}$$

式中: n-比较氨基酸数; 1-实验蛋白质氨基酸含量[mg/(gN)]; a-鸡蛋蛋白质同种类氨基酸含量[mg/(gN)]。

## 2 结果与讨论

### 2.1 牦牛肝中的基本营养成分

表1 牦牛肝中基本营养成分(g/100g, 鲜重)

肝	水分	灰分	粗脂肪	粗蛋白
牦牛肝	70.9	0.7	2.9	19.7
黄牛肝 <sup>a</sup>	68.7	1.4	3.9	19.8
羊肝 <sup>b</sup>	69.7	1.4	3.6	17.9
猪肝 <sup>c</sup>	70.7	1.5	3.5	19.3

注: a、b、c数据参考《中国食物成分表2002》<sup>[7]</sup>, 表2、表3同。

从表1可以看出, 牦牛肝中水分比黄牛肝、羊肝、猪肝稍高, 蛋白含量比猪肝、羊肝高, 比黄牛肝稍低; 粗脂肪、灰分均低于其它几类动物肝脏。因此, 牦牛肝是一种高蛋白、低脂肪类食物。

### 2.2 胆固醇

表2 牦牛肝中胆固醇含量(mg/100g, 鲜重)

种类	牦牛肝	牛肝 <sup>a</sup>	羊肝 <sup>b</sup>	猪肝 <sup>c</sup>
胆固醇	126	297	349	288

胆固醇是细胞膜的重要成分, 是类固醇激素、维生素D、胆汁酸的前体。每100g牦牛肝中的胆固醇的含量为126mg(见表2), 和其它几种动物肝脏相比, 远小于这几种动物肝脏中胆固醇含量。

### 2.3 维生素

维生素分析的结果(表3)表明, 维生素B<sub>12</sub>和α-V<sub>E</sub>的含量较高, 为0.9mg/100g和1.5mg/100g, 其它的维生素含量较其它几种肝脏含量相差不大。在人类的组织中, 维生素B<sub>12</sub>与血红蛋白的合成有关, 维生素B<sub>12</sub>缺乏时, 影响其生化反应的正常进行, 血红蛋白合成出现障碍, 红细胞的生存时间有中度缩短, 骨髓内虽然各阶段的巨幼细胞增多, 但不发生代偿, 因而出现贫血<sup>[8]</sup>; 科研人员对其在脑功能方面作用的研究表明, 维生素B<sub>12</sub>还有助于防止早老性痴呆和其它形式的智力衰退。联合国粮农组织(FAO)及世界卫生组织(WHO)的专家组推荐正常成人每天摄入维生素B<sub>12</sub>为1μg, 可见牦牛肝中维生素B<sub>12</sub>完全能满足人体需要。α-V<sub>E</sub>是动物生育所必需的, 缺乏α-V<sub>E</sub>时, 雄鼠睾丸退化, 不能形成正常的精子, 雌鼠胚胎及胎盘萎缩而被吸收, 会引起流产<sup>[9]</sup>。动物缺乏维生素E也可能发生肌肉萎缩、贫血、脑软化及其他神经退化性病变。

表3 牦牛肝中的维生素含量(mg/100g鲜重)

维生素	牦牛肝	牛肝 <sup>a</sup>	羊肝 <sup>b</sup>	猪肝 <sup>c</sup>
维生素B <sub>1</sub>	0.18	0.16	0.21	0.21
维生素B <sub>2</sub>	1.45	1.30	1.75	2.08
维生素B <sub>12</sub>	0.90	-	-	-
烟酸	13.5	11.90	22.10	15.00
α-V <sub>E</sub>	1.50	0.13	2.34	0.86
δ-V <sub>E</sub>	...	...	0.84	...
(β+γ)-V <sub>E</sub>	...	...	26.75	...
总维生素E	1.50	0.13	29.93	0.86

注: "...表示未检出; "-"表示未检测。

### 2.4 牦牛肝中的氨基酸含量分析

对牦牛肝中17种氨基酸含量进行了测定, 结果见表4。牦牛肝中所测17种氨基酸种类较丰富, 其中含量最高的是丝氨酸(Ser); 其次, 天冬氨酸(Met)、

表4 牦牛肝中氨基酸含量(干重, g/100g)

氨基酸	含量	氨基酸	含量
缬氨酸*	1.879	半胱氨酸	0.278
苏氨酸*	2.275	脯氨酸	3.216
甲硫氨酸*	4.764	丝氨酸	8.409
天冬氨酸	7.858	甘氨酸	2.276
谷氨酸	2.839	丙氨酸	2.430
精氨酸	4.023	亮氨酸*	4.589
赖氨酸*	2.153	异亮氨酸*	7.010
组氨酸	5.987	苯丙氨酸*	3.976
酪氨酸	0.824		
总量			64.77
必需氨基酸含量			41.14
鲜味氨基酸含量			20.20
支链氨基酸含量			11.56
抗氧化氨基酸含量			11.85

注: "\*"为必需氨基酸。

表5 牦牛肝中必需氨基酸组成模式及评分  
Table 5 Evaluation of essential amino acids in liver of yak

氨基酸	牦牛肝蛋白质中必需氨基酸的含量(%)	FAO/WHO模式	鸡蛋模式	AAS	CS	EAAI
亮氨酸	6.8	7.0	8.6	97.1	79.1	79.68
异亮氨酸	10.3	4.0	5.4	257.5	190.7	
甲硫氨酸+胱氨酸	7.4	3.5	5.7	211.4	129.8	
苏氨酸	3.3	4.0	4.7	82.5	70.2	
缬氨酸	2.8	5.0	6.6	56.0	42.4	
赖氨酸	3.2	5.5	7.0	58.2	45.7	
酪氨酸+苯丙氨酸	7.1	6.0	9.3	118.3	76.3	

异亮氨酸(Ile)、组氨酸(His)等含量也较高。而半胱氨酸(Cys)、酪氨酸(Tyr)等含量较少。其中的支链氨基酸(包括亮氨酸、异亮氨酸、缬氨酸)含量总和为11.56g/100g,占氨基酸总量的17.91%,支链氨基酸在体内除用于合成蛋白质外,在特殊生理时期还是体内重要的能量来源,而且它们在体内分解产生ATP的效率高于其它氨基酸,同时支链氨基酸有较高的药用价值,具有抗疲劳作用、治疗肝昏迷等作用<sup>[10-11]</sup>。抗氧化性氨基酸(组氨酸、酪氨酸、蛋氨酸、半胱氨酸)含量11.85g/100g。鲜味氨基酸(谷氨酸、天冬氨酸、苯丙氨酸、丙氨酸、甘氨酸、酪氨酸)含量20.20g/100g。必需氨基酸/总氨基酸(EAA/TAA)=41.14%,必需氨基酸/非必需氨基酸(EAA/NEAA)=69.90%,均超过WHO/FAO的理想模式(EAA/TAA)0.4及(EAA/NEAA)0.6。可见,牦牛肝中的必需氨基酸配比较为合理,作为保健食品,具有较高的开发利用价值。

根据氨基酸含量的测定结果,以FAO/WHO提出的评分模式及鸡蛋蛋白必需氨基酸模型为依据,对牦牛肝蛋白的营养价值进行氨基酸评分(AAS)以及化学评分(CS)(表5)。结果表明,除缬氨酸、赖氨酸外,其余必需氨基酸的AAS均在70以上,其中异亮氨酸和甲硫氨酸加胱氨酸高于200。AAS和CS评分中最高的是异亮氨酸,分别为257.5和190.7,均高于FAO/WHO和鸡蛋模式标准;而第一限制氨基酸为缬氨酸,其AAS和CS分别为56.0和42.4;第二限制氨基酸为赖氨酸,其AAS和CS分别为58.2和45.7。与鸡蛋模式相比,牦牛肝的必需氨基酸指数EAAI为79.68。由此可见,牦牛肝中氨基酸含量丰富,是一种优质蛋白源。

### 2.5 牦牛肝中的矿质元素分析

对牦牛肝中矿质元素含量进行了测定,各矿质元素含量见表6。牦牛肝中Zn、Fe、Cu、Ca、Mn、Mo等元素含量均较丰富。Zn能维持机体细胞膜的稳定性并参与新陈代谢,Fe在机体中参与氧的运送、交换和组织呼吸过程,可清除体内过氧化物,有利健康。Mn是机体必需微量元素,是核苷酸酶、脯氨酸胺酶、丙酮酸羧化酶、超氧化物歧化酶等的组成成分,Mn不但参与蛋白质的合成,还参与遗传信息的传递<sup>[12]</sup>。Cu与机体免疫力和清除自由基也有关系,缺Cu可引起贫血,骨骼改变如骨增生、骨折等。鲜牦牛肝中Cu的含量(1.28mg/100g)高于猪肝(0.65mg/100g)、牛肝(0.34mg/100g),比羊肝(4.51mg/100g)中含量少<sup>[7]</sup>。鲜牦牛肝中Se的含量(19.6μg/100g)远高于其它几种动物肝脏Se含量(牛肝11.99μg/100g,羊肝17.68μg/100g,

猪肝19.21μg/100g)<sup>[7]</sup>。这可能和牦牛生长的恶劣环境有关,硒是谷胱甘肽过氧化物酶和烟酸羟化酶的组成部分,可防止衰老和心血管疾病、肿瘤、免疫功能低下及中枢神经系统疾病,还可刺激免疫球蛋白及抗体的产生,增强机体的抗病能力<sup>[13]</sup>。鲜牦牛肝中Mo的含量(8.61mg/100g),Mo参与醛氧化酶的合成,能解除人体内有毒醛类的毒害作用,清除人体内的自由基,故有抗衰老和抗癌的作用。可见,牦牛肝中各矿质元素含量丰富。

表6 牦牛肝中矿质元素含量(mg/kg,干重)

Table 6 Contents of trace elements in liver of yak(mg/kg,干重)

矿质元素	含量	矿质元素	含量	矿质元素	含量
Cu	43.85	K	3188	Pb	6.473
Zn	103.2	Na	69.37	Cr	15.62
Fe	133.4	Ca	1593	Hg	0.0303
Mn	5.156	Mg	40696	Cd	0.0763
Co	0.8691	Li	18.33	As	-
Ni	2.9971	Sr	19.5	Mo	295.4
Se	0.0672	Al	4849		

注:“-”表示未检出。

### 3 结论

通过对牦牛肝营养成分的检测和研究发现,其各项营养指标均接近或高于黄牛肝、猪肝、羊肝等产品,蛋白质中必需氨基酸含量丰富,必需氨基酸指数为79.68,胆固醇含量低,还含有丰富的矿质元素,特别是Fe、Zn,表明牦牛肝是高蛋白、低脂肪、低胆固醇的优质动物副产品之一。牦牛肝资源丰富,利用率低,因此,以它为原料开发深加工新产品,必将有极大的市场前景。

### 参考文献

- [1] 郭宪,杨博辉,李勇生,等. 牦牛的生态生理特性[J]. 畜牧生产,2006,42(1):56-57.
- [2] 郭宪,阎萍,梁春年,等. 中国牦牛业发展现状及对策分析[J]. 中国牛业科学,2009,35(2):55-57.
- [3] 张振海. 浅析我国牦牛业生产现状及发展思路[J]. 青海农牧业,2009(4):17-18.
- [4] AOAC. Official methods of analysis[S]. 16th Ed, USA: Association of Official Analytical Chemists,1995.
- [5] Pellet P L, Yong V R. Nutritional evaluation of protein foods[M]. Tokyo: The United National University Publishing Company, 1980.
- [6] NGAMSAENG A, WANAPAT M, KHAMPA S. Evaluation of

local tropical plants by in vitro rumen fermentation and their effects on fermentation end-products[J]. Pakistan Journal of Nutrition, 2006, 5(5):414-418.

[7] 杨月欣,王光亚,潘兴昌. 中国食物成分表2002[M]. 北京: 北京大学医学出版社, 2002.

[8] Yu-Hui WANG, Fang YAN, Wen-Bo ZHANG, et al. An investigation of vitamin B<sub>12</sub> deficiency in elderly inpatients in neurology department[J]. Neuro Sci Bull, 2009, 25(4):209-215.

[9] 曾艳兵,李伟红,严寒,等. 高效液相色谱法对鹅肉中维生

素的含量的测定[J]. 肉类研究, 2009(8):59-61.

[10] 徐运杰,方热军. 支链氨基酸的抗疲劳作用[J]. 氨基酸和生物资源, 2008, 30(1):65-69.

[11] 王孟薇,赵东海,李溪亚,等. 支链氨基酸治疗肝昏迷[J]. 氨基酸杂志, 1982(4):20-23.

[12] 孔祥瑞. 必需微量元素营养,生理及临床意义[M]. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1982.

[13] 文贵辉,张彬. 微量元素Se在动物中的研究与应用[J]. 湖南饲料, 2005(2):21-23.

(上接第404页)

考虑在贮藏前期加强防霉处理。

表1 不同保鲜剂处理山药霉变面积随时间的变化

Table 1 Effect of different preservatives on moldy area of yams during different storage time

保鲜剂种类	霉变面积(%)					
	0d	20d	40d	60d	80d	120d
CK	0	15	10	5	0	0
1-MCP	0	10	6	2	0	0
TBZ	0	12	4	1	0	0
壳聚糖	0	10	5	1	0	0

注: 山药霉变面积以产生霉斑面积所占山药根茎总表面积的百分比表示 数据为相同处理下统计的平均值。

### 3 结论

1-MCP、TBZ、壳聚糖对山药的贮藏保鲜均有较好效果,其中壳聚糖涂膜、1-MCP熏蒸处理效果显著,能有效调节山药贮藏期间的生理活动,保持其食用品质。壳聚糖涂膜、1-MCP处理可有效抑制山药PPO酶活性,减少总酚的消耗,降低MDA的累积,保持细胞膜完整性,延缓山药组织的衰老,且壳聚糖涂膜可阻碍果蔬水分蒸发和病菌侵入,调节果蔬内外的气体交换,减少果蔬内物质转化和呼吸基质的消耗,起到保持山药鲜脆硬度的作用;TBZ熏蒸处理对山药品质的保持也有一定的作用,但不如壳聚糖涂膜和1-MCP处理的效果明显;复合保鲜剂的作用效果还有待进一步明确。

由于山药在贮藏的前期易发霉、褐变,后期易因失水表皮过硬,因此可考虑用不同保鲜剂分期处理,如在贮藏的前期采用1-MCP+TBZ/壳聚糖涂膜复合处理减缓山药衰老,防止山药褐变,保持组织颜色洁白,而在贮藏的后期主要用壳聚糖涂膜处理减缓山药水分的散失,从而保持鲜脆的品质,延长保鲜期。

### 参考文献

- [1] 刘晓霞,顾明清. 山药的储藏和初加工技术[J]. 科学种养, 2008(10):54.
- [2] 周挺,陈洁,夏文水. 壳聚糖的膜性质及其在果蔬保鲜方面的应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2001, 22(6):81-83.
- [3] 辛颖,陈复生,杨宏顺. 壳聚糖涂膜对果蔬质地影响的研究进展[J]. 食品科技, 2009(12):283-286.
- [4] 孙希生,王文辉,王志华,等. 1-MCP对苹果采后生理的影

响[J]. 保鲜与加工, 2002(4):3-7.

[5] 沈静. 果蔬保鲜剂噻苯咪唑、邻苯基苯酚、联苯的光谱特性及残留分析研究[D]. 乌鲁木齐:新疆医科大学, 2007.

[6] 高兆银,李敏,胡美娇,等. 壳聚糖涂膜对香蕉保鲜生理和防腐效果初步研究[J]. 浙江农业科学, 2007(3):278-280.

[7] 肖云龙,程嘉翎,徐菲霞. 壳聚糖对黄瓜保鲜作用的研究[J]. 安徽农业科学, 2010(25):13829-13831.

[8] 林植芳,李双顺,张东林,等. 采后荔枝果皮色素、总酚及有关酶活性的变化[J]. Journal of Integrative Plant Biology, 1988(1):40-45.

[9] 李静,聂继云,李海飞,等. Folin-酚法测定水果及其制品中总多酚含量的条件[J]. 果树学报, 2008(1):126-131.

[10] 苏新国,郑永华,张兰,等. 壳聚糖涂膜对菜用大豆荚采后衰老和品质的影响[J]. 植物生理学报, 2001(6):467-472.

[11] 李伟丽,李喜宏,张培培,等. 高氧处理对鲜切雪莲果货架寿命的影响[J]. 中国农学通报, 2009(20):72-75.

[12] Massolo J F, et al. 1-Methylcyclopropene (1-MCP) delays senescence, maintains quality and reduces browning of non-climacteric eggplant (*Solanum melongena* L.) fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2011, 59(1):10-15.

[13] Cai C, et al. Effect of 1-MCP on postharvest quality of loquat fruit[J]. Postharvest Biol Technol, 2006, 40:155-162.

[14] Hodges D M, et al. Improving the thiobarbituric acid-reactive-substances assay for estimating lipid peroxidation in plant tissues containing anthocyanin and other interfering compounds [J]. Planta, 1999, 207(4):604-611.

[15] 王益光,罗自生,席巧芳,等. 壳聚糖涂膜处理对杨梅活性氧代谢的影响[J]. 果蔬学报, 2001, 18(6):349-351.

[16] 水茂兴,马国瑞,陈美慈,等. 草莓采后壳聚糖处理对其耐贮性的影响[J]. 浙江农业学报, 2001, 13(2):81-85.

[17] 陈爱葵,韩瑞宏,李东洋,等. 植物叶片相对电导率测定方法比较研究[J]. 广东教育学院学报, 2010(5):88-91.

[18] 刘芳,董生俊,陈年来. 贮藏温度对甜瓜果实采后病害和生理代谢的影响[J]. 食品科技, 2005(1):84-87.

[19] N Sankhla, et al. Postharvest ripening of ziziphus mauritiana fruits effect of 1-Methylcyclopropene[C]. Proceedings 33rd PGRSA Annual Meeting, 2006:181-183.

[20] Jiang W, et al. Effects of 1-methylcyclopropene and gibberellic acid on ripening of Chinese jujube (*Zizyphus jujube* M) in relation to quality[J]. J Sci Food Agric, 2003, 84:31-35.