

# 几种栅栏因子在即食海蜇保鲜中的 应用研究

李晓明 陈舜胜\*

(上海海洋大学食品学院, 上海 201306)

**摘要:**通过对即食海蜇样品感官评定以及测定样品中肉毒梭状芽孢杆菌、菌落总数、TVB-N值、汁液流失率作为评价指标,研究温度、pH、包装方式等物理栅栏因子对即食海蜇保鲜的影响。盐矾海蜇经前处理后,分别采用普通包装、真空包装以及各种不同气体比例的气调包装(A: 60% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub>、B: 60% CO<sub>2</sub>/35% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>、C: 60% CO<sub>2</sub>/30% N<sub>2</sub>/10% O<sub>2</sub>、D: 50% CO<sub>2</sub>/45% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>、E: 50% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub>/10% O<sub>2</sub>、F: 40% CO<sub>2</sub>/55% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>、G: 40% CO<sub>2</sub>/50% N<sub>2</sub>/10% O<sub>2</sub>)后,分别在3℃、室温贮藏。实验结果表明:所有样品在保藏期间均没有肉毒梭状芽孢杆菌的检出;低温结合气调包装D处理可以明显延长即食海蜇制品的保质期,其保质期是常温贮藏A处理样品的1.5倍;用不同浓度柠檬酸溶液(I:1%、II:0.5%、III:0.1%)浸泡处理结合气调包装D处理的即食海蜇样品,其中0.5%、1%柠檬酸浸泡处理的样品,分别在3℃低温贮藏56d后,海蜇质构变软,感官不可接受。0.1%柠檬酸浸泡处理过的样品,在贮藏70d后,感官评分较高,TVB-N值3.6152mgN/100g,菌落总数为2.85×10<sup>4</sup>cfu/g。

**关键词:**即食海蜇,气调包装,温度,pH,感官评定,菌落总数,TVB-N值

## Study on preservation of ready-to eat jellyfish with several hurdle factors

LI Xiao-ming, CHEN Shun-sheng\*

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

**Abstract:** The effect of several physical hurdle factors, such as temperature, pH, modified atmosphere packaging on ready-to-eat jellyfish preservation were studied, using sensory evaluation and determination of *Clostridium botulinum*, total bacterial count, TVB-N value, drip loss. Salted jellyfish, after preliminary treatment, was stored at 3℃ and room temperature using different packaging: common packaging, vacuum packaging, modified atmosphere packaging (MAP) (A: 60% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub>, B: 60% CO<sub>2</sub>/35% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>, C: 60% CO<sub>2</sub>/30% N<sub>2</sub>/10% O<sub>2</sub>, D: 50% CO<sub>2</sub>/45% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>, E: 50% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub>/10% O<sub>2</sub>, F: 40% CO<sub>2</sub>/55% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>, G: 40% CO<sub>2</sub>/50% N<sub>2</sub>/10% O<sub>2</sub>). The result showed that: *Clostridium botulinum* was not detected in all samples. The combination of low temperature and simple D can significantly prolong the shelf life of ready-to-eat jellyfish products, 1.5 times than simple A stored at room temperature. The jellyfish, which was soaked in citric acid solutions of three different concentration (I: 1%, II: 0.5%, III: 0.1%), using MAP D, was stored at 3℃. The texture of samples (I: 1% and II: 0.5%) softened after 56d, becoming unacceptable. The sensory score of sample III: 0.1% was 14.4, TVB-N value was 3.6152mgN/100g, total bacterial count was 2.85×10<sup>4</sup>cfu/g after 70d.

**Key words:** ready-to-eat jellyfish; modified atmosphere packaging (MAP); temperature; pH; sensory evaluation; total bacterial count; TVB-N value

中图分类号: TS254.4

文献标识码: A

文章编号: 1002-0306(2011)11-0377-05

我国是世界水产养殖大国,有着丰富的海蜇资源,随着人类利用的食品资源向海洋生物发展,海蜇受到了国内外同行的关注<sup>[1]</sup>。海蜇滋味鲜美、清脆爽口,含有蛋白质、糖类、多种维生素及矿物质等,最近研究表明,其含有胆碱、糖蛋白<sup>[2]</sup>、糖胺聚糖<sup>[3]</sup>等生理活性物质。中医认为,海蜇性平、味咸,具有清热化

痰、消积润肠之功效;现代医学认为,海蜇具有降血脂<sup>[3]</sup>、降血压<sup>[4]</sup>的作用,是一种具有很高营养价值和药用价值的名贵海产品。以往海蜇加工主要以盐矾海蜇<sup>[5-6]</sup>为主,以及最近几年的方便海蜇丝产品<sup>[7]</sup>,多数是通过保鲜剂抑制有害微生物,来达到一定的保质期。即食海蜇是不经加热处理而直接食用的食品,因此检验其有无肉毒梭状芽孢杆菌<sup>[8-9]</sup>甚为重要。即食海蜇的加工工艺技术建立在栅栏效应<sup>[10-11]</sup>理论上,通过工艺优化:温和热处理(热烫)、调节pH等操作减少初始菌数、再通过气调包装处理,

收稿日期:2011-08-17 \* 通讯联系人

作者简介:李晓明(1987-),男,硕士研究生,研究方向:水产品加工与贮藏。

保证了保藏期间高水分含量,高水分活度制品的安全及品质。气调包装<sup>[12-15]</sup>的食品,贮藏期间如果温度控制不当,有可能导致病原菌的生长,如肉毒梭状芽孢杆菌<sup>[16]</sup>。本研究对产品保质期内感官、理化、微生物品质和潜在病原菌进行分析评价,旨在评价生产过程中温度、pH 以及充气包装等栅栏因子对食品安全和品质的影响,选出最佳的保藏工艺,为消费者提供安全、营养、方便、美味的即食海蜇制品,为即食海蜇的生产实践提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

盐矾海蜇皮 大连某水产公司;柠檬酸 潍坊英轩实业有限公司,分子式:  $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ ,为无色、无臭、半透明结晶或白色粉末,易溶于水及酒精;铬酸钾、百里香酚蓝、氢氧化钠、盐酸、硝酸银 中国医药集团总公司,分析纯;平板计数琼脂(plate count agar PCA)培养基 中国医药集团总公司,用于菌落总数的测定;庖肉培养基 中国医药集团总公司,用于检测厌氧菌,本次实验用于肉毒梭状芽孢杆菌的检测。

DQB-360W 多功能气调包装机 上海青葩包装有限公司;MA-35 型气体自动混合机 德森包装机械有限公司;恒温生化培养箱 上海跃进医疗器械厂;AL204 型电子分析天平(感量:0.0001g)、f120 型 pH 计 瑞士梅特勒-托利多有限公司;FOSS Kjelttec2300 型自动凯氏定氮仪 瑞士 FOSS 公司;低温冰箱 海尔公司;SW-CJ-1D 单人单面水平(垂直送风)净化工作台 苏州净化设备有限公司。

### 1.2 实验方法

1.2.1 即食海蜇加工工艺 盐矾海蜇→浸泡脱盐→无卤切块→热烫→冷却→沥干→柠檬酸浸泡→包装→即食海蜇。所用工具均需用乙醇浓度为 75% 的食用酒精或 100℃ 沸水消毒处理;盐矾海蜇的脱盐脱矾用清水浸泡 12h,其间要换水至无卤味。

1.2.2 盐分的测定 SC/T3011-2001 硝酸银滴定法。

1.2.3 总挥发性盐基氮(TVB-N 值) 使用全自动凯氏定氮仪,利用半微量凯氏定氮原理测定挥发性盐基氮含量。用无氮称量纸准确称取 5g 捣碎样品至 FOSS 消化管,然后加入 0.5g 轻质  $MgO$ ,上机测定。每批样品做空白实验,每个样品重复 3 次,取平均值。TVB-N 值单位为:  $mgN/100g$ 。

1.2.4 肉毒梭状芽孢杆菌 GB/T4789.12-2003。

1.2.5 菌落总数 GB/T4789.2-2008。

1.2.6 汁液流失率<sup>[17]</sup> 样品包装前称重( $W_1$ ),按照实验设计的不同条件包装后,每隔两周,每个样品各取一袋,将包装袋中流失的汁液倒掉,然后将海蜇用吸水纸吸干,再次称重( $W_2$ ),贮藏期间即食海蜇汁液流失率按照下式计算:

$$DL(\%) = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

式中,DL: 汁液流失率,%;  $W_1$ : 包装前样品质量, g;  $W_2$ : 贮藏后样品质量, g。

1.2.7 即食海蜇感官质量评价 NY/T1515-2007 由 5 名感官员组成感官评价小组,采用评分法对实验样品的质构、滋味与气味、色泽等感官属性进行评定<sup>[18]</sup>。评价前进行感官训练,掌握评分标准与品评技术。贮藏期间即食海蜇样品感官评价标准见表 1。

表 1 即食海蜇感官品质评价标准(分)

评价指标	评价标准
质构	7 = 酥脆而有韧性,咀嚼时发出响声
	4 = 韧性有所下降,稍微变软
	1 = 变软变黏,韧性完全丧失
滋味与气味	7 = 具有海蜇特有的滋味与气味,无任何异味
	4 = 稍有异味,不新鲜味
	1 = 有腐败气味,不能接受
色泽	7 = 呈乳白色,表面湿润而有光泽
	4 = 乳白色变暗,有光泽
	1 = 色泽变为偏橘黄色,无光泽,不能接受

## 2 结果与讨论

### 2.1 前处理对即食海蜇保藏的影响

根据 SC/T3011-2001 硝酸银滴定法,测得盐分含量为 1.62%。

海蜇主要由胶原蛋白组成,热烫温度过高,会导致海蜇严重缩水、变形。经过多次实验确定热烫的温度及时间为:60℃、30s。初始菌落总数减少一半以上,同时脱去一部分水分,并使蛋白质凝固,组织紧密。

### 2.2 不同包装处理即食海蜇在贮藏期间微生物变化

2.2.1 肉毒梭状芽孢杆菌 肉毒梭状芽孢杆菌为专性厌氧的革兰氏阳性杆菌,其最低生长温度为 3.3℃,最低生长  $A_w$  为 0.94,最低生长 pH 为 4.6,在海产品原料以及加工过程中容易感染该菌。即食海蜇由于其独特的化学组成,可以不加加热直接食用。因此,有关致病菌—肉毒梭状芽孢杆菌的检测尤为重要。在制备的所有样品中,尤其是在室温下贮藏的真空包装以及无氧气调包装,均无肉毒梭状芽孢杆菌的检出,而且  $O_2$  的添加,可进一步保证即食海蜇制品的安全性。

2.2.2 菌落总数 普通、真空以及不同气调包装条件下室温以及 3℃ 贮藏即食海蜇,菌落总数的变化如图 1 和图 2 所示。采用柠檬酸溶液浸泡酸化处理结合气调包装(D: 50%  $CO_2$ /45%  $N_2$ /5%  $O_2$ ),于 3℃ 贮藏。即食海蜇菌落总数的变化如图 3 所示。

结果显示,对照组 a(不热烫+普通包装+室温贮藏)菌落总数随贮藏时间的延长持续增加,增长速度最快,贮藏 14d 后达到  $8.30 \times 10^4 cfu/g$ ,超过国标(GB/T4789.2-2008)规定的  $3 \times 10^4 cfu/g$ 。真空包装结合低温不适用于即食海蜇保藏,真空包装加速了即食海蜇中胶原蛋白的水解。大多数气调包装处理的即食海蜇室温下(15℃左右)贮藏 21d 后,微生物超标。其中 A: 60%  $CO_2$ /40%  $N_2$  气调包装处理的即食海蜇保质期可达 35d。说明气调包装只有结合适宜的贮藏温度(3℃)才能发挥其优势。低温贮藏时,有氧气调(F: 40%  $CO_2$ /55%  $N_2$ /5%  $O_2$ 、G: 40%  $CO_2$ /50%  $N_2$ /10%  $O_2$ ) 在经过一个较短的延滞期后,菌落总数较快增加,贮藏 35d 后分别达到  $1.35 \times 10^4 cfu/g$ 、

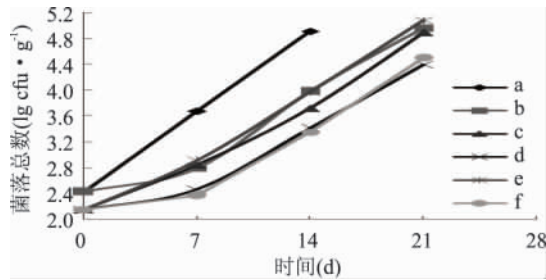


图1 贮藏过程中各组即食海蜇菌落总数变化

注: a: 不热烫 + 普通包装 + 室温贮藏; b: 不热烫 + 普通包装 + 3℃ 低温保藏; c: 热烫 + 普通包装 + 室温贮藏; d: 热烫 + 普通包装 + 3℃ 低温保藏; e: 热烫 + 真空包装 + 室温贮藏; f: 热烫 + 真空包装 + 3℃ 低温保藏。

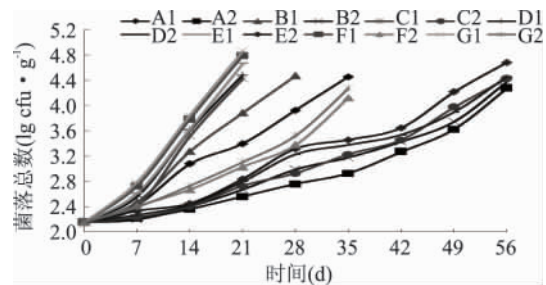


图2 贮藏过程中各组气调包装即食海蜇菌落总数变化

注: A: 60% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub>, B: 60% CO<sub>2</sub>/35% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>, C: 60% CO<sub>2</sub>/30% N<sub>2</sub>/10% O<sub>2</sub>, D: 50% CO<sub>2</sub>/45% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>, E: 50% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub>/10% O<sub>2</sub>, F: 40% CO<sub>2</sub>/55% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>, G: 40% CO<sub>2</sub>/50% N<sub>2</sub>/10% O<sub>2</sub>; 其中 A1、B1、C1、D1、E1、F1、G1 为室温贮藏, A2、B2、C2、D2、E2、F2、G2 为 3℃ 低温保藏。

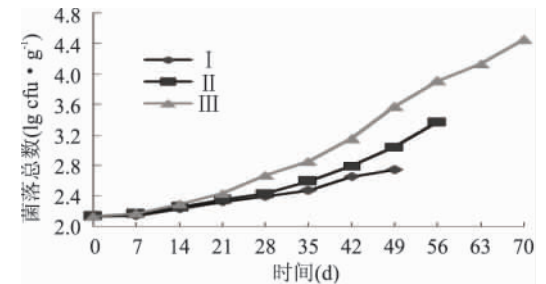


图3 贮藏过程中各组酸化处理的即食海蜇菌落总数变化

注: 三种不同浓度( I: 1%、II: 0.5%、III: 0.1%) 的柠檬酸溶液浸泡酸化处理、沥干, 结合气调包装( D: 50% CO<sub>2</sub>/45% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>) , 于 3℃ 低温贮藏。

1.89 × 10<sup>4</sup> cfu/g, 低于 3 × 10<sup>4</sup> cfu/g。有氧气调( B: 60% CO<sub>2</sub>/35% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>、C: 60% CO<sub>2</sub>/30% N<sub>2</sub>/10% O<sub>2</sub>、D: 50% CO<sub>2</sub>/45% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>、E: 50% CO<sub>2</sub>/40% N<sub>2</sub>/10% O<sub>2</sub>) 的菌落总数增长曲线数均有明显的较长延滞期。CO<sub>2</sub> 影响微生物生长的机理是延长其滞后阶段增加世代间隔, 是气调包装中的主要抑菌因子, 具有抑制大多数腐败细菌和霉菌生长繁殖的作用。在贮藏 56d 后, B 组和 D 组菌落总数分别达到 2.40 × 10<sup>4</sup> cfu/g 和 2.89 × 10<sup>4</sup> cfu/g。实验结果显示, 气调包装中 CO<sub>2</sub> 的体积比例大于等于 50% 时, 可以起到不错的保鲜效果; O<sub>2</sub> 的体积比例减小, 菌落总数略有减少。在即食海蜇加工工艺中, 多数采用 0.2% 稀醋酸浸泡, 再用清水冲洗, 以除去嗜盐菌, 此次实验选用

三种不同浓度( I: 1%、II: 0.5%、III: 0.1%) 的柠檬酸溶液浸泡酸化处理、沥干, 结合气调包装( D: 50% CO<sub>2</sub>/45% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>) , 于 3℃ 贮藏 56d 后, 处理 I、II 的海蜇质构明显变软, 前者更为严重; 处理 III 在 3℃ 贮藏 70d 后, 感官评分较高, 菌落总数为 2.85 × 10<sup>4</sup> cfu/g。

### 2.3 不同包装处理即食海蜇在贮藏期间 TVB-N 值变化

挥发性盐基氮( 简称 TVB-N 值) 是指动物性食品在腐败过程中由于酶和细菌的作用, 使蛋白质分解而产生氨以及胺类等碱性含氮物质, 是评价水产品鲜度的常用指标。这些碱性含氮物质含量愈低, 则 TVB-N 值越低, 即食海蜇的新鲜度愈高。热烫前处理, 对抑制即食海蜇在保藏期间产生含氮物质较为有效。

普通、真空以及不同气调包装条件; 采用柠檬酸溶液浸泡酸化处理结合气调包装( D: 50% CO<sub>2</sub>/45% N<sub>2</sub>/5% O<sub>2</sub>) 3℃ 贮藏的即食海蜇 TVB-N 值的变化如图 4 所示。结果表明, 每个样品在保藏期间的 TVB-N 值变化与其菌落总数的变化有一定相关性。说明即食海蜇在保藏期间 TVB-N 值的变化, 主要是细菌作用的结果。气调包装中 CO<sub>2</sub> (40% ~ 60%) 比例, 对即食海蜇在保藏期间微生物变化有一定的影响, 进而影响其 TVB-N 值。比例越高, 其菌落总数相应减少, TVB-N 值也减小。在即食海蜇气调包装气体组分中, CO<sub>2</sub> 比例为 40% 时, 对微生物、TVB-N 值的抑制作用效果不够明显。用柠檬酸浸泡处理的样品, 其 TVB-N 值增长速度较为缓慢。说明即食海蜇样品中的微生物对酸较为敏感。

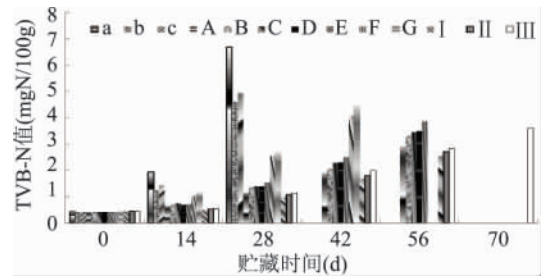


图4 贮藏过程中不同处理即食海蜇 TVB-N 值变化

### 2.4 不同包装处理即食海蜇在贮藏期间汁液流失率

盐矾海蜇经脱盐脱矾、切割加工后, 其组织遭到破坏, 再经沥干、不同包装处理的即食海蜇在贮藏期间汁液流失率如表 2 所示。不同包装处理的即食海蜇汁液流失率随贮藏时间的延长都有不同程度的增加。其中, 真空包装组 b 和普通包装组 a 的汁液流失率在贮藏 28d 后明显高于其他组; 贮藏 56d 后, C 组产品的汁液流失率达 10.238%, 失重最为严重, 这是由于气调包装中气体组分的不同比例中, 随着 CO<sub>2</sub> 比例的升高, 汁液流失率增加。D 组的汁液流失率最小为 8.475%。即食海蜇产品含水量高、水分活度大。由此表明, 气调包装中 CO<sub>2</sub> 的比例为 60% 时, 产品失重较为严重; CO<sub>2</sub> 的比例小于等于 40% 时, 由于微生物的作用, 产品失重严重。用浓度为 0.1% 的柠檬酸浸泡酸化处理的即食海蜇产品, 失重较小, 贮藏 70d



后,其汁液流失率为9.415%;而用浓度为0.5%、1%的柠檬酸浸泡酸化处理的即食海蜇产品失重严重。

表2 不同处理的即食海蜇  
在3℃贮藏期间汁液流失率(以%计)

组别	贮藏时间				
	14d	28d	42d	56d	70d
a	4.163	7.835			
b	4.811	9.174			
A	2.158	4.212	6.857	9.334	
B	2.436	4.458	7.034	9.762	
C	2.514	4.973	7.654	10.238	
D	1.539	3.965	5.781	8.475	
E	1.952	4.217	5.849	8.784	
F	1.567	4.051	7.634		
G	1.864	4.162	7.945		
I	2.725	5.381	9.264		
II	2.078	4.873	7.306	9.581	
III	1.637	4.065	5.986	7.275	9.115

## 2.5 感官评定

由5位感官评定员组成感官评定小组,对不同气调包装条件,采用柠檬酸溶液浸泡酸化处理结合气调包装(D:50%CO<sub>2</sub>/45%N<sub>2</sub>/5%O<sub>2</sub>),3℃贮藏的即食海蜇的感官评分如表3所示。结果表明,即食海蜇在3℃贮藏56d后,所有气调包装处理组,都能保持海蜇较好的感官特性。其中D组得分最高,为15.8分。气调包装中CO<sub>2</sub>的比例对感官评分影响较大。比例过大,各个评价指标得分有所下降;比例过低,则对微生物的抑制作用不够明显,各个评价指标得分低于其他处理组。采用I:1%、II:0.5%柠檬酸浸泡处理结合D:50%CO<sub>2</sub>/45%N<sub>2</sub>/5%O<sub>2</sub>气调包装处理的即食海蜇,质构遭到破坏,感官不可接受。

表3 不同处理的即食海蜇在3℃贮藏56d时的  
感官评分情况

组别	评价指标			总分
	质构	滋味与气味	色泽	
A	5.0	4.8	4.4	14.2
B	4.6	4.6	4.4	13.6
C	4.4	4.6	4.0	13.0
D	5.6	5.2	5.0	15.8
E	5.0	5.0	4.6	14.6
F	3.8	4.4	4.0	12.2
G	3.4	4.4	3.8	11.6
I	1.2	2.8	1.6	5.6
II	1.8	3.4	2.2	7.4
III	5.0	4.8	4.6	14.4

## 3 小结与讨论

此研究初步尝试了几种不同物理栅栏因子如温度、pH、包装方式(普通、真空、气调)等对即食海蜇保鲜效果的影响,得出了较为合理的包装方式和相应保鲜工艺。为即食海蜇的产业化生产打下了良好基础。

在即食海蜇加工及贮藏过程中,微生物的控制技术是最关键的工艺步骤。由于海蜇独特的原料特性,65℃以上明显缩水。因此,不能采取高温杀菌的方式,需要多种栅栏因子共同作用来达到一定的保

质期。本研究在加工过程中采用多种减菌化处理,如反复清洗、凉开水浸泡、热烫等,确定热烫温度为60℃,热烫时间为30s;在贮藏过程中,采取酸化、气调包装以及低温等抑菌或减菌处理。得出:用0.1%柠檬酸浸泡处理结合D:50%CO<sub>2</sub>/45%N<sub>2</sub>/5%O<sub>2</sub>气调包装处理,3℃低温贮藏,即食海蜇制品的保质期可达到70d。

## 参考文献

- [1] Hsieh Y P, Rudloe J. Potential of utilizing jellyfish as food in Western countries [J]. Trends in Food Science & Technology, 1994, 5(7): 225-229.
- [2] 任国艳, 李八方, 赵雪, 等. 海蜇头糖蛋白清除自由基活性及构效关系的初步研究 [J]. 中国海洋药物杂志, 2008, 27(4): 24-29.
- [3] 金晓石, 吴红棉, 钟敏, 等. 海蜇糖胺聚糖提取、纯化及其降血脂作用研究 [J]. 中国海洋药物杂志, 2007, 26(4): 41-44.
- [4] 张绵松, 孟秀梅, 袁文鹏, 等. 海蜇血管紧张素转化酶抑制肽的超滤分离 [J]. 食品与药品, 2010, 12(1): 20-23.
- [5] Li J R, Hsieh Y P. Traditional Chinese food technology and cuisine [J]. Asia Pacific J Clin Nutr, 2004, 13(2): 147-155.
- [6] Hsieh Y P, Leong F M, Rudloe J. Jellyfish as food [J]. Hydrobiologia, 2001, 451: 11-17.
- [7] 谢主兰, 梁丽简, 黄和. 软包装即食海蜇丝的品质特征和细菌学安全分析 [J]. 现代食品科技, 2010, 26(12): 1391-1394.
- [8] Peck M W. Clostridium botulinum and the safety of refrigerated processed foods of extended durability [J]. Trends in Food Science & Technology, 1997, 8: 186-192.
- [9] Silva F V, Gibbs P A. Non-proteolytic Clostridium botulinum spores in low-acid cold distributed foods and design of pasteurization processes [J]. Trends in Food Science & Technology, 2010, 21: 95-105.
- [10] Rajkovic A, Smigic N, Devlieghere F. Contemporary strategies in combating microbial contamination in food chain [J]. International Journal of Food Microbiology, 2010, 141: S29-S42.
- [11] Leistner L. Basic aspects of food preservation by hurdle technology [J]. International Journal of Food Microbiology, 2000, 55: 181-186.
- [12] 翁丽萍, 钟立人, 戴志远. 国内外鱼和鱼制品的气调保鲜研究 [J]. 食品与机械, 2006, 22(3): 160-163.
- [13] Rutherford T J, Marshall D L, Andrews L S, et al. Combined effect of packaging atmosphere and storage temperature on growth of Listeria monocytogenes on ready-to-eat shrimp [J]. Food Microbiology, 2007, 24: 703-710.
- [14] McMillin K W. Where is MAP Going? A review and future potential of modified atmosphere packaging for meat [J]. Meat Science, 2008, 80: 43-65.
- [15] Phillips C A. Review: Modified Atmosphere Packaging and its effects on the microbiological quality and safety of produce [J]. International Journal of Food Science and Technology, 1996, 31: 463-479.
- [16] Lindström M, Kiviniemi K, Korkeala K. Hazard and control of

(下转第410页)

表5 红托竹荪菌托必需氨基酸评分

必需氨基酸	Ile	Leu	Lys	Met + Cys	Phy + Tyr	Thr	Val
菌托	1.31	1.09	0.95	0.64	1.40	0.97	1.11

表6 红托竹荪菌托蛋白质组分

样品	含量( % 粗蛋白)						
	清蛋白	球蛋白	醇溶蛋白	类醇溶蛋白	类谷蛋白	谷蛋白	非蛋白氮
菌托	69.52 ± 1.87	4.71 ± 0.17	4.04 ± 0.14	1.57 ± 0.04	3.96 ± 0.11	7.33 ± 0.52	8.86 ± 0.36

养价值评价中,氨基酸评分是一项精确的指标,菌托的氨基酸评分是105,高于牛肉和大豆,但是低于鸡蛋和牛奶。

表4 红托竹荪菌托及部分动植物源食品的蛋白质效率比和氨基酸评分

原料	菌托	鸡蛋	牛奶	牛肉	大豆
P-PER	2.8	3.8	3.1	2.9	2.1
AAS	105	121	127	94	96

基于推荐模式,对红托竹荪菌托中每种必需氨基酸的评分进行了计算(表5)。总体上,菌托中每种必需氨基酸含量较高,Ile、Phy + Tyr 和 Val 的含量高于FAO/WHO推荐模式。研究表明,食品中常见的限制性氨基酸是Lys、Met + Cys 和 Thr,对于红托竹荪菌托,Met + Cys 是其第一限制性氨基酸,而Lys 和 Thr 接近FAO/WHO推荐模式。

### 2.3 红托竹荪菌托蛋白质组分分析

红托竹荪菌托粗蛋白中各蛋白组分含量如表6所示。菌托中清蛋白含量最高,谷蛋白含量次之,其它蛋白质组分含量均低于5%。清蛋白是必需氨基酸的重要来源,易于被人体消化吸收,其含量高低对蛋白质品质具有显著影响<sup>[14]</sup>。结果显示菌托中清蛋白含量是69.52%,显著高于Bauer Petrovska<sup>[10]</sup>对25种食用菌的测定结果,与血清蛋白中清蛋白含量相当,表明菌托蛋白质品质较高。

## 3 结论

3.1 红托竹荪菌托中碳水化合物和蛋白质是其主要组成成分,粗蛋白含量为干重的26.74%,高于常见食用菌,且粗蛋白中真蛋白含量很高,约占粗蛋白的91.14%。

3.2 菌托蛋白的蛋白功效比是2.8,氨基酸评分是105,必需氨基酸模式较为合理,显著优于其它常见食用菌。

3.3 蛋白组分分析发现菌托中清蛋白含量较高,约占粗蛋白69.52%,显著高于常见食用菌,表明红托竹荪菌托是优质蛋白质的潜在资源。

### 参考文献

- [1] 连宾, 郝建平. 红托竹荪多糖的提取分离及组成研究[J]. 食品科学 2004(3): 43-45.  
 [2] Kawagishi H, Ishiyama D, Mori H, et al. Dictyophorines A and

B, two stimulators of synthesis from the mushroom *Dictyophora indusiata* [J]. Phytochemistry, 1997, 45: 1203-1209.

[3] 檀东飞, 黄儒珠, 卢真, 等. 棘托竹荪菌托的化学成分及抑菌活性研究(1) [J]. 菌物学报 2006, 25(4): 603-610.

[4] 赵凯, 王飞娟, 潘薛波, 等. 红托竹荪菌托多糖的提取及抗肿瘤活性的初步研究[J]. 菌物学报 2008(2): 289-296.

[5] Roe J H. The determination of sugar in blood and spinal fluid with anthrone reagent [J]. Journal of Biological Chemistry, 1955, 212: 335-343.

[6] Manzi P, Marconi S, Aguzzi A, et al. Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking [J]. Food Chemistry, 2004, 84: 201-204.

[7] De Ketelaere A, Demeyer D, Vandekerckhove P, et al. Stoichiometry of carbohydrate fermentation during dry sausage ripening [J]. Journal of Food Science, 1974, 39: 297-300.

[8] Ribeiro B, Andrade P B, Silva B M, et al. Comparative study on free amino acid composition of wild edible mushroom species [J]. Journal of Agriculture and Food Chemistry 2008, 56: 10973-10979.

[9] Alsmeyer R H, Cunningham A E, Happich M L. Equations predict PER from amino acid analysis [J]. Food Technology, 1974, 28: 34-38.

[10] Bauer-Petrovska B. Protein fraction in edible Macedonian mushrooms [J]. European Food Research and Technology, 2001, 212: 469-472.

[11] Kalač P. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushroom: A review [J]. Food Chemistry 2009, 113: 9-16.

[12] Zhuang Y L, Sun L P, Zhao X, et al. Antioxidant and Melanogenesis-inhibitory Activities of Collagen Peptide from Jellyfish (*Rhopilema esculentum*) [J]. Journal of the Science and Food Agriculture 2009, 89: 1722-1727

[13] Pastor-Cavada E, Juan R, Pastor J E, et al. Analytical nutritional characteristics of seed proteins in six wild *Lupinus species* from Southern Spain [J]. Food Chemistry 2009, 117: 466-469.

[14] Park S J, Kim T W, Baik B K. Relationship between proportion and composition of albumins, and in vitro protein digestibility of raw and cooked pea seeds (*Pisum sativum* L.) [J]. Journal of the Science and Food Agriculture, 2010, 90: 1719-1726.

(上接第380页)

group II (non - proteolytic) *Clostridium botulinum* in food processing [J]. International Journal of Food Microbiology, 2006, 108(1): 92-104.

[17] 余小颖, 李学斌, 闫利萍, 等. 不同冻结和解冻速率对猪肉

保水性和超微结构的影响 [J]. 农业工程学报, 2007, 23(8): 261-267.

[18] 张水华, 徐树来, 王永华, 编. 食品感官分析与实验 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2006.