

# 加工工艺对刺参体壁氨基酸和脂肪酸的影响

李超峰<sup>1,2</sup>, 邹晓兰<sup>1,2</sup>, 于艳卿<sup>1,2</sup>, 王新亭<sup>1</sup>, 朱校斌<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院 研究生院 北京 100049)

**摘要:** 对经 5 种不同加工工艺加工的刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka)体壁的氨基酸和脂肪酸的组成及含量进行了对比分析。结果表明, 不同加工工艺加工的刺参体壁中, 氨基酸和脂肪酸含量存在显著差异( $P < 0.05$ )。恒温干燥的刺参体壁中的氨基酸和脂肪酸含量是最高的, 是 5 种加工工艺中最好的加工工艺, 然后依次是真空冷冻干燥、双蒸汽煮沸+自然风干、自然风干、3.5% NaCl 溶液煮沸+自然风干的最差。

**关键词:** 刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka)体壁; 加工工艺; 氨基酸; 脂肪酸

中图分类号: TS205.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2012)01-0042-07

刺参(*Apostichopus japonicus* Selenka), 又称仿刺参, 属棘皮动物门(Echinodermata), 海参纲(Holothuroidea), 楯手目(Aspidochirota), 刺参科(Stichopodidae), 仿刺参属(*Apostichopus*), 是全世界 40 多种可食用海参中的一种, 分布广, 产量大, 具有极高的营养和保健价值, 对人体生长发育、防止组织细胞老化、延缓衰老、防止动脉硬化和免疫力提高等都有一定的功效, 同时对治疗肿瘤和抑制肿瘤扩散都具有显著疗效<sup>[1-3]</sup>。其次, 肿瘤晚期和做过手术的病人坚持食用海参, 可大大减轻病人的痛苦, 身体康复速度和精神状况与不食用海参的患者相比也有明显区别<sup>[1]</sup>。

海参的商业性捕捉至少有 1000 多年的历史<sup>[4-5]</sup>, 现已成为众多国家的重要海产品和保健品之一, 中国、韩国、新加坡和日本等是海参消费的最主要的国家<sup>[6]</sup>。然而, 海参采捕的季节性(当水温降至 5℃以下或超过 20℃, 将进入休眠状态)<sup>[1,7]</sup>和易自溶等自身缺陷, 出水后仅能短时间饲养或即时加工处理。因此, 市场上, 90%新鲜海参被加工成各种干制品, 且多经蒸煮工艺获得, 但蒸煮等相关工艺的干制方法极易导致海参体内水溶性和热敏性等活性物质的损失, 并需要长时间水发, 而胀发过程还会再次造成风味物质、营养物质和水溶性活性物质等再次大量流失。因此, 海参加工工艺的正确选择将是海参产品品质保证的关键。Maria V Chang-Lee 等<sup>[8]</sup>研究发现 3 种不同的预处理工艺处理方法均导致了海参体壁中  $K^+$  含量的显著降低,  $Na^+$  含量的显著增加。而经不同的解剖方法的刺参体壁, 水分、灰分、脂肪和蛋白质

的差异因解剖方法不同而存在显著差异<sup>[6]</sup>。孙妍等<sup>[9]</sup>发现过饱和 NaCl 溶液煮沸的海参不但干燥时间长, 而且复水品质劣化; 3.5% NaCl 溶液煮沸 15 min 的干燥时间短, 复水倍数高、复水产品感官特性更易人接受。

风干技术是所有干燥技术中最传统的加工工艺, 已被广泛使用多个世纪。热空气干燥则是在风干基础上发展起来的, 两者都可使产品保持鲜艳的颜色, 产品形态清晰可见, 风干技术不用特殊的设备; 热空气干燥则需要一些设备, 如恒温干燥箱、微波炉等。然而, 风干严重依赖于天气, 热空气干燥几乎不受气候的影响, 而且热空气干燥要快于风干技术, 并可根据需要控制温度。近年来, 新技术的不断出现也为干燥过程提供了新的选择。目前, 与其他干燥技术相比, 真空冷冻干燥被认为是产品脱水的最佳方法, 由于干燥过程的低温环境, 其大多数腐败和生物学反应都被抑制, 产品质量大幅度改善。尽管如此, 真空冷冻干燥仍然是最昂贵的海参加工技术。然而, 海参加工工艺和加工工艺对海参产品质量影响的文献报道还是很少, 对氨基酸和脂肪酸组成及含量的比较分析更未见报道。因此, 本研究通过比较不同工艺加工的海参干燥体壁中的氨基酸和脂肪酸组成及含量, 为海参干燥加工提供一定的科学依据。

收稿日期: 2010-11-17; 修回日期: 2010-12-29

基金项目: 国家海洋局公益性项目(200905021-4)

作者简介: 李超峰(1979-), 女, 山西长治人, 博士研究生, 主要从事海洋化学研究, E-mail: lisansan@yeah.net; 朱效斌, 通信作者, E-mail: xzbzhu@qdio.ac.cn

## 1 材料与amp;方法

### 1.1 材料采集

本实验所用刺参(*A. japonicus* Selenka)于3月中旬购于青岛市南山水产市场,选无伤病,体长8~12 cm,体重相近个体作为实验对象。选定后,立即解剖,去除内脏,清洗干净,冰冻,立即运回实验室,并储藏于-20℃保存。

### 1.2 样品处理

将所有冷冻的刺参体壁随机分组,5~6头/组。

**恒温干燥:**刺参体壁于直径15 cm的蒸发皿中并排放置后,放入电热恒温鼓风干燥箱中60℃恒温干燥直至干燥产品质量恒重,时间约为2 d至深褐色,得较厚的桦树皮样的干燥刺参体壁(I组)。

**真空冷冻干燥:**刺参体壁切片,切片的厚度约为0.5~1 cm,然后置入真空冷冻干燥机,真空度5~10 Pa,冷阱温度为-85~-90℃,物料温度为-25℃,时间:48~72 h,得浅灰色较轻的泡沫状的干燥刺参体壁(II组)。

**自然风干:**刺参体壁于直径15 cm的蒸发皿中并排放置后,置于室外阳光下直至干燥体壁的质量恒重。干燥温度为18~25℃,风力3~5级;干燥时间72~96 h,干燥过程中并不断翻动体壁,得较厚的桦树皮样的干燥刺参体壁(III组)。

**双蒸水煮沸+自然风干:**刺参体壁直接放入煮沸的双蒸水中(g/mL, 1:3),煮沸15 min,期间不断搅拌。15 min后,取出放入直径15 cm的蒸发皿上于室外阳光下直至体壁干燥恒重。室外温度为18~25℃,风力3~5级;干燥时间72~96 h,干燥过程中并不断翻动体壁,得深褐色的、坚硬的缩小版干燥刺参(IV组)。

**3.5% NaCl 溶液煮沸+自然风干:**刺参体壁直接放入煮沸的3.5% NaCl 溶液中(g/mL, 1:3),煮沸15 min,期间不断搅拌。15 min后,取出放入直径15 cm的蒸发皿上于室外阳光下直至体壁干燥恒重,水溶液-20℃保存备用。室外温度为18~25℃,风力3~5级;干燥时间72~96 h,干燥过程中并不断翻动体壁,得深褐色的、坚硬的缩小版干燥刺参(V组)。

所有干燥的刺参体壁均用组织粉碎机粉碎,置于聚乙烯袋中,封口,然后置于干燥器中保存备用。

### 1.3 水分测定

105 常温加热干燥法(参照 GB/T 14769-1993)

### 1.4 氨基酸测定

精确称取 I~V 组干燥样品各 30 mg,置于安培瓶中,加入6 mol/L 盐酸10 mL,抽真空封管,至110℃烘箱反应22 h,开瓶过滤,定容到50 mL,精取2 mL 样品溶液40℃蒸干,加蒸馏水继续至干,加2 mL 0.02 mol/L 盐酸,涡旋混匀,0.45 μm 水相膜过滤,收集滤液,4℃保存,备用<sup>[2]</sup>。准确量取氨基酸标准溶液及样品200 μL 分别置于1 mL 离心管中,每个样品中准确加入正亮氨酸内标溶液20 μL,然后再加入三乙胺乙腈溶液100 μL,异硫氰酸苯酯乙腈溶液100 μL,混匀,室温放置1 h,然后加入正己烷400 μL,振摇,10 min,取下层溶液,用0.45 μm 过滤,静止待测。Agilent 1100 高效液相色谱仪,紫外检测器,检测波长254 nm, Venusil XBA-AA 氨基酸分析柱4.6 mm×250 mm, 5 μm, 柱温40℃,进样量2 μL。

### 1.5 脂肪酸测定

精确称取 I~V 组干燥样品各 40 mg,加入 1 mol/L KOH/甲醇 2 mL, 加盖振荡, 70~75℃水浴 20 min (皂化), 冷却后, 加 1 mol/L HCl/甲醇 3 mL, 加盖振荡, 70~75℃水浴 20 min (甲酯化), 冷却后, 加 0.5 mL 石油醚萃取, 待测<sup>[2]</sup>。Agilent 7890 气相色谱仪; Agilent FID 检测器; DB-FFAP 弹性石英毛细管柱(30 m×0.250 mm×0.25 μm); 流速 1.0 mL/min; 程序升温: 柱温先在 100℃恒温 10 min, 然后再以 10℃/min 的升温速率程序升温至 230℃, 保持 15 min; 载气: 氮气; 进样口温度: 220℃; 火焰离子化检测器(FID): 280℃; 分流进样, 进样量 1.0 μL。

### 1.6 数据分析

采用 SPSS 17.0 软件进行统计分析。各指标在加工工艺的变化采用单因素方差分析(ANOVA, Tukey 检验)检验, 置信水平取 95%。

## 2 结果与amp;讨论

### 2.1 水分含量

加工的刺参体壁中的水分含量见表 1。由表可见, 各种加工工艺加工的刺参(I~V 组)中水分含量存在显著差异( $P<0.05$ )。加工的刺参中水分含量在 3.99%~6.39% 之间。其中, 双蒸水煮沸+自然风干的最高, 然后依次是 3.5%NaCl 溶液煮沸+自然风干, 自然风干, 恒温干燥、真空冷冻干燥的最低。

表 1 加工的刺参体壁中的水分含量(%)

Tab. 1 Moisture content of the processed sea cucumber wall body(%)

组别	I <sup>a</sup>	II <sup>b</sup>	III <sup>c</sup>	IV <sup>d</sup>	V <sup>e</sup>
水分	5.15±0.03	3.99±0.05	5.38±0.04	6.39±0.03	5.89±0.01

注: 平均值±标准差; 每组上标字母代表了各种加工工艺在  $P<0.05$  情况下存在显著的差异;

I: 恒温干燥; II: 真空冷冻干燥; III: 自然风干; IV: 双蒸水煮沸+自然风干; V: 3.5% NaCl 溶液煮沸+自然风干

## 2.2 氨基酸组成与含量

经不同加工工艺加工的刺参体壁中的氨基酸组成及含量见表 2。由表 2 可以看出, 除色氨酸被水解破坏外, 5 种加工工艺加工的体壁中都含有天冬氨酸、苏氨酸、丝氨酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、半胱氨酸、缬氨酸、蛋氨酸、异亮氨酸、亮氨酸、酪氨酸、苯丙氨酸、赖氨酸、组氨酸和精氨酸等 17 种氨基酸, 因此, 不同加工工艺并没有改变刺参体壁中 18 种基本氨基酸的组成, 仅改变了其含量。5 种加工工艺加工的体壁中检测出的 17 种氨基酸、氨基酸总量、必需氨基酸总量、呈味氨基酸总量、必需氨基酸总量/氨基酸总量存在显著的差异

( $P<0.05$ )。氨基酸总量、必需氨基酸总量和呈味氨基酸总量的变化范围为 46.10%~31.92%, 13.17%~10.41%和 26.39%~16.96%, 因此, 5 种加工工艺加工的刺参体壁中呈味氨基酸含量明显高于必需氨基酸含量。恒温干燥的氨基酸总量、必需氨基酸总量和呈味氨基酸总量最高, 真空冷冻干燥次之, 3.5%NaCl 溶液煮沸+自然风干的氨基酸总量和必需氨基酸总量最低, 自然风干的呈味氨基酸总量最低, 但比 3.5%NaCl 溶液煮沸+自然风干的呈味氨基酸总量仅多损失 0.29%。与恒温干燥相比, 自然风干和 3.5%NaCl 溶液煮沸+自然风干的氨基酸总量损失的相对较高, 分别为 8.31%和 14.81%; 双蒸水煮沸+自

表 2 加工的刺参体壁中氨基酸组分和含量(%)

Tab. 2 Amino acids composition and content of processed sea cucumber wall body(%)

组别	I	II	III	IV	V
天冬氨酸(Asp)	4.30±0.13 <sup>bcde</sup>	3.81±0.05 <sup>acde</sup>	3.46±0.06 <sup>abde</sup>	3.66±0.08 <sup>abce</sup>	3.04±0.07 <sup>abcd</sup>
苏氨酸(Thr)	2.61±0.06 <sup>bcde</sup>	2.25±0.04 <sup>acde</sup>	1.85±0.03 <sup>abd</sup>	2.13±0.02 <sup>abce</sup>	1.79±0.06 <sup>abd</sup>
丝氨酸(Ser)	2.81±0.06 <sup>bcde</sup>	2.27±0.07 <sup>acde</sup>	1.88±0.04 <sup>abd</sup>	2.07±0.04 <sup>abce</sup>	1.80±0.06 <sup>abd</sup>
谷氨酸(Glu)	5.27±0.36 <sup>acde</sup>	5.70±0.15 <sup>acde</sup>	4.56±0.05 <sup>abc</sup>	5.72±0.08 <sup>abce</sup>	4.75±0.08 <sup>abc</sup>
甘氨酸(Gly)	8.15±0.89 <sup>bcde</sup>	4.95±0.10 <sup>ace</sup>	3.80±0.04 <sup>abd</sup>	4.66±0.03 <sup>ac</sup>	4.24±0.16 <sup>ab</sup>
丙氨酸(Ala)	3.68±0.36 <sup>bcde</sup>	2.67±0.08 <sup>ace</sup>	2.18±0.04 <sup>abd</sup>	2.51±0.06 <sup>ace</sup>	2.15±0.06 <sup>abd</sup>
半胱氨酸(Cys)	1.01±0.02 <sup>ce</sup>	0.99±0.01 <sup>ce</sup>	0.79±0.00 <sup>abde</sup>	1.06±0.01 <sup>ce</sup>	0.66±0.00 <sup>abcd</sup>
缬氨酸(Val)	2.53±0.09 <sup>bcde</sup>	2.03±0.06 <sup>acde</sup>	1.62±0.08 <sup>abde</sup>	1.84±0.04 <sup>abc</sup>	1.77±0.04 <sup>abc</sup>
蛋氨酸(Met)	0.84±0.00 <sup>bd</sup>	0.99±0.01 <sup>ace</sup>	0.82±0.00 <sup>bd</sup>	0.94±0.01 <sup>ace</sup>	0.77±0.00 <sup>bd</sup>
异亮氨酸(Ileu)	1.40±0.04 <sup>bce</sup>	1.60±0.05 <sup>acde</sup>	2.08±0.06 <sup>abde</sup>	1.43±0.04 <sup>bce</sup>	1.30±0.03 <sup>abcd</sup>
亮氨酸(Leu)	2.34±0.07 <sup>bce</sup>	2.49±0.09 <sup>ade</sup>	2.69±0.04 <sup>abde</sup>	2.30±0.07 <sup>bce</sup>	1.95±0.04 <sup>abcd</sup>
酪氨酸(Tyr)	1.38±0.07 <sup>bcde</sup>	1.21±0.05 <sup>ace</sup>	0.99±0.02 <sup>abd</sup>	1.18±0.05 <sup>ace</sup>	1.02±0.03 <sup>abd</sup>
苯丙氨酸(Phe)	1.55±0.05 <sup>cde</sup>	1.50±0.08 <sup>cde</sup>	1.23±0.04 <sup>abd</sup>	1.39±0.04 <sup>abce</sup>	1.27±0.04 <sup>acd</sup>
赖氨酸(Lys)	1.91±0.07 <sup>cde</sup>	1.93±0.05 <sup>def</sup>	1.69±0.06 <sup>abe</sup>	1.78±0.08 <sup>abe</sup>	1.57±0.04 <sup>abcd</sup>
组氨酸(His)	0.54±0.04 <sup>c</sup>	0.60±0.04 <sup>de</sup>	0.45±0.03 <sup>abd</sup>	0.56±0.04 <sup>c</sup>	0.48±0.03 <sup>bd</sup>
精氨酸(Arg)	3.61±0.06 <sup>bcde</sup>	3.46±0.11 <sup>acde</sup>	2.72±0.06 <sup>abde</sup>	3.23±0.05 <sup>abce</sup>	2.11±0.01 <sup>abcd</sup>
脯氨酸(Pro)	2.20±0.06 <sup>bcde</sup>	1.45±0.06 <sup>ace</sup>	1.09±0.06 <sup>abde</sup>	1.38±0.06 <sup>ace</sup>	1.27±0.01 <sup>abcd</sup>
氨基酸总量(TAA)	46.10±0.24 <sup>bcde</sup>	39.85±0.31 <sup>acde</sup>	33.87±0.23 <sup>abde</sup>	37.79±0.08 <sup>abce</sup>	31.92±0.17 <sup>abcd</sup>
必需氨基酸(EAA)	13.17±0.08 <sup>bcde</sup>	12.77±0.10 <sup>acde</sup>	11.96±0.12 <sup>abde</sup>	11.79±0.03 <sup>abce</sup>	10.41±0.08 <sup>abcd</sup>
呈味氨基酸(呈味 AA)	26.39±0.24 <sup>bcde</sup>	20.83±0.23 <sup>acde</sup>	16.96±0.04 <sup>abde</sup>	19.99±0.06 <sup>abce</sup>	17.25±0.11 <sup>abcd</sup>
EAA/TAA	0.28±0.01 <sup>bcde</sup>	0.32±0.00 <sup>acde</sup>	0.35±0.00 <sup>abde</sup>	0.31±0.00 <sup>abce</sup>	0.33±0.01 <sup>abcd</sup>
呈味 AA/TAA	0.57±0.00	0.52±0.00	0.50±0.00	0.53±0.00	0.54±0.00

注: 平均值±标准差; 每组上标字母代表了各种加工工艺在  $P<0.05$  情况下存在显著差异; I、II、III、IV和V同表 1

然风干和 3.5%NaCl 溶液煮沸+自然风干的必需氨基酸总量损失的相对较高,分别为 1.38%和 2.76%;真空冷冻干燥损失的相对较低,分别为 6.25%、0.4%和 5.56%。5 种加工工艺加工的体壁中必需 AA/总 AA 比值也存在显著差异( $P < 0.05$ ),但各工艺的必需 AA/总 AA 比例则相对变化很小,仅在 0.35~0.29 之间。自然风干的比值最高,然后依次是 3.5%NaCl 溶液煮沸+自然风干、真空冷冻干燥和双蒸水煮沸+自然风干,恒温干燥的最低,与必需 AA/总 AA 比值最高的自然风干相比,仅差 0.04。呈味氨基酸总量占氨基酸总量在 0.50~0.57,以恒温干燥的最高,然后依次是 3.5%NaCl 溶液煮沸+自然风干、双蒸水煮沸+自然风干和真空冷冻干燥,自然风干的最低。5 种加工工艺中含量最高的 5 种氨基酸分别是谷氨酸、甘氨酸、天冬氨酸、精氨酸和丙氨酸,最低的 3 种氨基酸分别为半胱氨酸、蛋氨酸和组氨酸,但不同加工工艺中的不同种类氨基酸的差异不同。章超桦等研究指出食品味道鲜美的程度由蛋白质中呈味氨基酸的含量和组成来决定<sup>[10]</sup>,蛋白质的质量在很大程度上取决于必需氨基酸的量及比例,必需氨基酸之间的比值是否符合人类膳食蛋白质的模式(人体消化吸收的最适必需氨基酸比值),是评价食物或蛋白质质量的重要指标。因此,根据氨基酸的组成和含量分析认为五种加工工艺中以恒温干燥最佳,然后依次是真空冷冻干燥、双蒸水煮沸+自然风干、自然风干,3.5%NaCl 溶液煮沸+自然风干的最差。

### 2.3 脂肪酸组成与含量

脂肪酸的组成和含量是食品营养价值评价的指标之一,也是 WHO 推荐食品的关键因素。不饱和脂肪酸具有广泛的药理活性,尤其是  $\omega$ -3 不饱和脂肪酸,可降低冠心病的发病,又有益于发炎和自身免疫性疾病的抑制,包括风湿性关节炎、克罗恩病、溃疡性结肠炎、红斑狼疮、多发性硬化及偏头痛等<sup>[11-16]</sup>,甚至可促进大脑和神经的发育<sup>[16]</sup>。EPA、DHA 和 AA 为细胞膜的重要结构成分,是必需脂肪酸,人体不能自身合成,必须从饮食中获得<sup>[12,15-17]</sup>。不饱和脂肪酸还是海鲜风味物质的前体<sup>[2]</sup>。因此,不饱和脂肪酸的摄入是维持身体健康所必需的,加工工艺要尽量减少或避免脂肪酸的损失。

由表 3 可以看出,实验刺参中共可检测出 20 种脂肪酸,7 种饱和脂肪酸(SFAs)分别是 C12、C14、

C16、C17、C18、C20 和 C22,5 种单不饱和脂肪酸(MUFAs)分别是 C14:1、C16:1 $\omega$ -7、C18:1 $\omega$ -9、C20:1 $\omega$ -9 和 C22:1 $\omega$ -9,8 种多不饱和脂肪酸(MUFAs)分别是 C18:2 $\omega$ -6、C18:3 $\omega$ -3、C20:2 $\omega$ -6、C20:3 $\omega$ -6、C20:4 $\omega$ -6、C20:5 $\omega$ -3、C22:2 和 C22:6 $\omega$ -3。恒温干燥的刺参中没有检测到 C12 和 C14,真空冷冻干燥、自然风干和双蒸水煮沸+自然风干的都没有检测到 C12 和 C22 和 C22:2,3.5%NaCl 溶液煮沸+自然风干的没有检测到 C12、C22、C14:1、C18:3 $\omega$ -3 和 C22:2。其次,加工的刺参中的饱和脂肪酸总量、单不饱和脂肪酸、多不饱和脂肪酸、脂肪酸总量、 $\omega$ -3 脂肪酸总量、 $\Sigma\omega$ -6 脂肪酸总量和  $\omega$ -3/ $\Sigma\omega$ -6 比值都存在显著差异( $P < 0.05$ )。

在加工的刺参中,恒温干燥的饱和脂肪酸总量( $\Sigma$ SFAs)、单不饱和脂肪酸总量( $\Sigma$ MUFAs)、多不饱和脂肪酸总量( $\Sigma$ PUFAs)、脂肪酸总量( $\Sigma$ FAs)及  $\omega$ -6 多不饱和脂肪酸总量( $\Sigma\omega$ -6 PUFAs)是最高的, $\omega$ -3 不饱和脂肪酸含量( $\Sigma\omega$ -3 PUFAs)仅比真空冷冻干燥少 14.73 $\mu$ g/g,而 3.5% NaCl 溶液煮沸+自然干燥的是 5 种加工工艺中最低的。真空冷冻干燥的 SFAs, MUFAs, PUFAs, FAs 和  $\omega$ -6 PUFAs 的总量都高于双蒸水煮沸+自然风干和自然风干。在 5 种加工工艺加工的刺参体壁中, $\omega$ -3 / $\omega$ -6 PUFAs 比值介于 0.80 和 1.01 之间,都大于 0.1,因此,符合 WHO 推荐食品中对脂肪酸的要求<sup>[18]</sup>。

$\omega$ -3 PUFAs 具有保健功能,其中 EPA 和 DHA 即可预防心血管疾病<sup>[19]</sup>,还可以提高学习能力和视觉功能<sup>[20]</sup>。AA 是前列腺素和凝血噁烷的前体,而且在生物的生长发育过程中起重要作用<sup>[16]</sup>。EPA, AA 和 DHA 是多不饱和脂肪酸中含量最高的,也是刺参干品中脂肪酸含量最高的,EPA 含量最高、AA 其次和 DHA 含量最低,而且各加工工艺加工的刺参中的 EPA、AA 和 DHA 存在显著差异( $P < 0.05$ )。EPA 含量在真空冷冻干燥中最高,然后依次是双蒸水煮沸+自然风干,恒温干燥,自然风干,3.5% NaCl 溶液煮沸+自然风干的最低。与真空冷冻干燥相比,恒温干燥的和自然风干的仅差 38.84  $\mu$ g/g 和 17.31 $\mu$ g/g。然而,恒温干燥的 DHA 含量最高,真空冷冻干燥的和自然风干的要低于其他 2 种加工工艺加工的,但真空冷冻干燥比自然风干的含量高 1.91  $\mu$ g/g。恒温干燥的 AA 含量比真空冷冻干燥的少 11.64  $\mu$ g/g,自然风干的含量最低。

表 3 加工的刺参体壁中的脂肪酸组成及含量( $\mu\text{g/g}$ )

Tab. 3 Fatty acid composition and content in fresh and processed sea cucumber body wall ( $\mu\text{g/g}$ )

组别	I <sup>a</sup>	II <sup>b</sup>	III <sup>c</sup>	IV <sup>d</sup>	V <sup>e</sup>
饱和脂肪酸(SFAs)					
12:0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14:0	0.00	40.53±0.50	34.66±0.19	32.10±0.31	21.97±0.38
16:0	356.07±0.30	310.30±0.78	275.28±0.57	250.18±0.20	128.41±0.34
17:0	37.14±0.94	32.45±0.30	30.67±0.36	30.98±0.27	20.70±0.20
18:0	159.36±0.36	146.81±0.28	128.78±0.17	131.09±0.43	87.14±0.25
20:0	71.90±0.23	58.44±0.18	51.53±0.42	53.37±0.19	44.23±0.41
22:0	26.15±0.34	0.00	0.00	0.00	0.00
∑SFAs	650.62±0.46	588.53±1.72	520.93±1.55	497.71±0.21	302.46±0.96
单不饱和脂肪酸(MUFAs)					
14:1	31.59±0.31	29.80±0.38	23.75±0.12	22.02±0.12	0.00
16:1 $\omega$ -7	247.59±0.31	250.21±0.16	210.43±0.37	168.14±0.31	97.21±0.33
18:1 $\omega$ -9	366.48±0.30	327.39±0.52	299.80±0.40	276.00±0.21	175.89±0.38
20:1 $\omega$ -9	193.83±0.47	176.26±0.33	168.19±0.22	168.23±0.33	120.34±0.44
22:1 $\omega$ -9	43.42±0.31	33.18±0.24	34.01±0.30	40.44±0.41	25.06±0.26
∑MUFAs	882.91±0.59	816.85±0.93	736.18±0.41	674.83±0.85	418.51±0.85
多不饱和脂肪酸(PUFAs)					
18:2 $\omega$ -6	257.03±0.58	221.04±0.16	198.20±0.61	179.23±0.18	108.33±0.41
18:3 $\omega$ -3	19.02±0.32	20.81±0.27	16.24±0.27	17.00±0.12	0.00
20:2 $\omega$ -6	45.85±0.68	38.96±0.22	38.07±0.58	46.06±0.12	37.72±0.32
20:3 $\omega$ -6	26.59±0.25	28.42±0.34	23.22±0.71	31.21±0.14	24.33±0.81
20:4 $\omega$ -6(AA)	213.83±0.45	225.47±0.36	165.44±0.26	264.16±0.10	184.70±0.19
20:5 $\omega$ -3(EPA)	222.63±0.81	261.47±0.27	210.45±0.33	244.16±0.57	183.09±0.42
22:2	37.46±0.19	0.00	0.00	0.00	0.00
22:6 $\omega$ -3(DHA)	191.23±0.23	165.32±0.45	163.39±0.46	168.19±0.41	174.08±0.64
∑PUFAs	1013.63±0.87	961.49±1.33	815.02±1.56	950.02±0.21	712.26±1.11
∑ $\omega$ -3 PUFAs	432.87±0.88	447.60±0.95	390.09±0.67	429.35±0.41	357.17±0.24
∑ $\omega$ -6 PUFAs	543.30±0.46	513.89±0.38	424.93±1.38	520.67±0.43	355.08±0.89
∑ $\omega$ -3/∑ $\omega$ -6	0.80±0.00	0.87±0.00	0.92±0.00	0.82±0.00	1.01±0.00
∑FAs	2547.16±1.90	2366.88±1.19	2072.12±3.03	2122.56±0.97	1433.32±0.80

注: 平均值±标准差; 每组上标字母代表了各种加工工艺在  $p<0.05$  情况下存在显著差异, 除 I~V 组的 C12、III~IV 组的 C17、II~V 组的 C22 和 C22:2; I、II、III、IV 和 V 同表 1

### 3 结论

从上面的结果可以推断出恒温干燥是 5 种刺参体壁干品加工工艺中保留氨基酸含量, 脂肪酸组成及含量, 尤其是多不饱和脂肪酸含量最高的, 然后依次真空冷冻干燥技术、双蒸水煮沸+自然风干、自然风干, 3.5%NaCl 溶液煮沸+自然干燥的最低。

#### 参考文献:

- [1] 袁秀堂, 杨红生, 陈慕雁, 等. 刺参夏眠的研究进展[J]. 海洋科学, 2007, 31(8): 88-90.
- [2] 高菲, 杨红生, 许强. 刺参体壁脂肪酸组成的季节变化[J]. 海洋科学, 2009, 33(4): 14-19.
- [3] 王方雨, 杨红生, 高菲, 等. 刺参体腔液几种免疫指

- 标的周年变化[J].海洋科学, 2009, 33(7): 77-82.
- [4] Conand C, Byrne M. A review of recent developments in the world sea cucumber fisheries[J]. Marine Fisheries Review, 1993, 55(4): 1-13.
- [5] Hamel J F, Mercier A. Sea cucumbers: Current fishery and prospects for aquaculture[J]. Aquaculture Magazine, 1997, 23(1): 42-53.
- [6] Nil Pembe Özer, Sühendan Mol, Candan Varhk. Effect of the handling procedures on the chemical composition of Sea Cucumber[J]. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2004, 4: 71-74.
- [7] 乔聚海, 程波. 刺参人工池塘养殖现状及展望[J]. 海洋科学, 2005, 29(9): 80-82.
- [8] Maria V Chang-Lee, Robert J Price, Lucinae Lampila. Effect of processing on proximate composition and mineral content of Sea Cucumbers (*Parastichopus spp.*)[J]. Journal of Food Science, 2008, 54(3): 567-568.
- [9] 孙妍, 薛长湖, 齐祥明, 等. 干燥前预处理对海参干燥过程及产品品质的影响[J]. 中国海洋大学学报, 2006, 36(增刊 II): 57-61.
- [10] 章超桦, 吴红棉, 洪鹏志, 等. 马氏珠母贝肉的营养成分及其游离氨基酸组成[J]. 水产学报, 2000, 24(2): 180-184.
- [11] Bell J G, Alasdair H Mcvicar, Moira T Park, et al. High dietary linoleic acid affects fatty acid compositions of individual phospholipids from tissues of Atlantic salmon (*Salmo salar*): association with stress susceptibility and cardiac lesion[J]. J Nutr, 1991, 121(8): 1163-1172.
- [12] Arts M T, Ackman R G, Holub B J. "Essential fatty acids" in aquatic ecosystems: a crucial link between diet and human health and evolution[J]. Can J Fish Aquat Sci, 2001, 58(1): 122-137.
- [13] Simopoulos A P. The importance of the ratio omega-6/omega-3 essential fatty acids[J]. Biomed Pharmacother, 2002, 56(8): 365-379.
- [14] Simopoulos A P. Omega-3 fatty acids in inflammation and autoimmune diseases[J]. J Am Coll Nutr, 2002, 21(6): 495-505.
- [15] Alasalvar C, Taylor K D A, Zubcov, E, et al. Differentiation of cultured and wild sea bass (*Dicentrarchus labrax*): total lipid content, fatty acid and trace mineral composition[J]. Food Chem, 2002, 79(2): 145-150.
- [16] Guler G O, Kiztanir B, Aktumsek A, et al. Determination of the seasonal changes on total fatty acid composition and  $\omega 3/\omega 6$  ratios of carp (*Cyprinus carpio* L.) muscle lipids in Beysehir Lake (Turkey)[J]. Food Chem, 2008, 108(2): 689-694.
- [17] Bézard J, Blond J P, Bernard A, et al. The metabolism and availability of essential fatty acids in animal and human tissues[J]. Reprod Nutr Dev, 1994, 34(6): 539-568.
- [18] Sánchez-Machado D I, López-Cervantes J, López-Hernández J, et al. Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds[J]. Food Chem, 2004, 85(3): 439-444.
- [19] Suzuki H, Park S J, Tamura M, et al. Effect of the long-term feeding of dietary lipids on the learning ability, fatty acid composition of brain stem phospholipids and synaptic membrane fluidity in adult mice : a comparison of sardine oil diet with palm oil diet[J]. Mech Age Develop, 1998, 101(1-2): 119-128.
- [20] Birch E E, Garfield S, Hoffman D R, et al. A randomized controlled trial of early dietary supply of long-chain polyunsaturated fatty acids and mental development in term infants[J]. Dev Med Child Neurol, 2000, 42(3): 174-181.

## Effect of processing techniques on amino acids and fatty acids in body wall of *Apostichopus japonicus* Selenka

LI Chao-feng<sup>1,2</sup>, ZOU Xiao-lan<sup>1,2</sup>, YU Yan-qing<sup>1,2</sup>, WANG Xin-ting<sup>1</sup>, ZHU Xiao-bin<sup>1</sup>

(1. Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Received:** Nov., 17, 2010

**Key words:** sea cucumber, processing techniques, amino acids, fatty acids

**Abstract:** The amino acids and fatty acids in the body wall of sea cucumbers processed using five different processing techniques were analyzed and compared. The results showed that amino acids and fatty acids in the body wall were significantly different between different groups processed with different techniques ( $P < 0.05$ ). The constant-temperature dried sea cucumber has the highest content of amino acids and fatty acids and is the best processing technique among the five processing techniques, followed by vacuum freeze-drying, double-distilled water boiling plus sun drying, and sun drying. The 3.5% NaCl boiling plus sun drying is the worst one among the five processing techniques.

(本文编辑: 康亦兼)