

doi:10.3969/j.issn.2095-6002.2018.02.011

文章编号:2095-6002(2018)02-0078-06

引用格式:张孙现.不同干燥方法对鲍鱼营养成分的影响[J].食品科学技术学报,2018,36(2):78-83.



ZHANG Sunxian. Effect of drying methods to nutritional compositions of abalone[J]. Journal of Food Science and Technology, 2018,36(2):78-83.

# 不同干燥方法对鲍鱼营养成分的影响

张孙现

(福建省产品质量检验研究院,福建福州350002)

**摘要:**为研究不同干燥方式对鲍鱼中营养成分的影响,采用自然晾晒、热风干燥和微波真空干燥的方式,研究干制鲍鱼中多糖、总糖、胶原蛋白以及氨基酸含量的变化情况。结果表明,自然晾晒的鲍鱼中多糖和总糖含量显著高于热风干燥及微波真空干燥,而胶原蛋白及氨基酸含量则显著低于其余2种干燥方法。其中胶原蛋白含量以微波真空干燥的方式最佳,但同热风干燥间相差不大;氨基酸含量以热风干燥方式最佳。综合整体实验结果,热风干燥及微波真空干燥优于自然晾晒,且有利于工业化生产加工。

**关键词:**干燥;鲍鱼;多糖;总糖;胶原蛋白;氨基酸

**中图分类号:**TS254.4

**文献标志码:**A

鲍鱼,作为一种海洋单壳软体贝类,属软体动物门、腹足纲、前鳃亚纲、原始腹足目、鲍科、鲍属<sup>[1]</sup>,被誉为“餐桌黄金,海珍之冠”,位列八珍之首,具有丰富的营养价值和药用价值<sup>[2-3]</sup>。研究表明,鲍鱼具有清肺、益胃、滋肾补虚等功效<sup>[4]</sup>,而且鲍鱼中蛋白质<sup>[5]</sup>和多糖<sup>[6-7]</sup>的含量很高,且含有多种氨基酸<sup>[8]</sup>、微量元素、维生素及其他生理活性物质<sup>[9-11]</sup>。

鲍鱼作为一种海洋珍品,很难长期贮存,而干制作为提高食品贮藏性、延长食品货架期主要的一种传统方式,赋予了海产品全新的风味及营养价值。陈子豪等<sup>[12]</sup>研究不同干制方式对仿刺参复水倍数、热收缩率、感官评价、营养及质构特性等方面的影响,发现冷风干制对干制仿刺参的效果最佳,适合工业化生产;Li等<sup>[13]</sup>研究了超声辅助渗透处理对热泵干燥罗非鱼片特性的影响,结果表明超声处理显著影响了物料的色泽及ATP酶活,并确定了功率为400W的最佳参数。

目前,对鲍鱼的研究主要集中于养殖、加工方面<sup>[14-15]</sup>,也有少量文章研究单一种类鲍鱼的营养成分<sup>[16-17]</sup>,但不同干燥方式对鲍鱼营养成分影响少见

报道。故实验主要研究了自然晾晒、热风干燥、微波真空干燥对鲍鱼多糖、总糖、胶原蛋白及氨基酸含量的影响,确定较优的鲍鱼干制加工工艺。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料与仪器

新鲜鲍鱼购于福建省亨源海产品有限公司;浓硫酸、苯酚、葡萄糖、一水合柠檬酸、氢氧化钠、无水乙酸钠、正丙醇、三水合N-氯-对甲苯磺酰胺钠盐(氯胺T)、对二甲氨基苯甲醛、乙醇、L-羟脯氨酸购于国药集团化学试剂有限公司,且均为分析纯。

DHG-9053A型电热恒温鼓风干燥箱,上海精宏实验设备有限公司;KL-2D-4ZG型微波真空干燥设备,广州凯棱工业用微波设备有限公司;L-8900型氨基酸自动分析仪,日本日立公司;明澈-D24UV型纯水发生器,德国Merck Millipore公司;SDC-6型恒温水浴槽,宁波新芝生物科技股份有限公司;T6型新世纪紫外可见分光光度计,北京普析通用仪器有限责任公司;BSA423S型电子分析天平,德国赛多利斯公司;JYL-D020型料理机,九阳股份

有限公司。

## 1.2 实验方法

### 1.2.1 鲍鱼原料的预处理

选择大小均匀、长6~7 cm的新鲜鲍鱼洗净后去除鲍鱼壳及内脏。将鲍鱼肉置于15~20℃、质量浓度为7.5 g/mL的盐溶液中浸渍24 h,浸渍后将鲍鱼置于开水中煮2 min,捞出,沥干备用。

### 1.2.2 鲍鱼的干制

**自然晾晒:**将鲍鱼均匀平铺放置于纱网上,实验环境温度为15~25℃,相对湿度60%~80%,在太阳光直接照射下进行。**热风干燥:**将鲍鱼置于烘箱中,温度设定45℃,相对湿度为50%~60%。**微波真空干燥:**将鲍鱼平铺在微波真空干燥箱中,微波功率为2 000 W,真空度为-80 kPa;干燥至鲍鱼的含水量为(12±1)%时停止干燥。

进行干燥实验时,鲍鱼的含水量控制在(12±1)% (参照鲍鱼国标<sup>[18]</sup>)。物料含水量计算公式如式(1):

$$X = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_3} \times 100\% \quad (1)$$

式(1)中: $X$ 为物料含水量,%; $m_1$ 为称量瓶和物料的质量,g; $m_2$ 为称量瓶和干物料质量,g; $m_3$ 为称量瓶质量,g。

### 1.2.3 试剂的配置

**L-羟脯氨酸标准储备液:**精密称取23.60 mg的L-羟脯氨酸于100 mL容量瓶中,加1滴6 mol/L的盐酸溶液,用蒸馏水定容。

**L-羟脯氨酸标准工作液:**精密量取L-羟脯氨酸标准储备液2.00 mL于100 mL容量瓶中,用蒸馏水定容。

**缓冲液:**精密称取柠檬酸50.00 g、氢氧化钠26.30 g、无水乙酸钠146.10 g溶于水,稀释至1 L,将上述溶液与200 mL水和300 mL正丙醇混合。

**氯胺T溶液:**精密称取氯胺T 1.41 g,用10 mL蒸馏水溶解后,加入10 mL正丙醇和80 mL缓冲液,临用前配制。

**显色液:**精密称取对二甲基苯甲醛10.00 g,用35 mL高氯酸溶解,缓慢加入65 mL异丙醇,临用前配制。

### 1.2.4 鲍鱼中多糖含量的测定

精确称取于105℃下干燥至恒重的葡萄糖4.00 mg,置于100 mL容量瓶中加水溶解并稀释至刻度,得到质量浓度为0.04 mg/mL的葡萄糖标准

溶液。分别吸取0、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0 mL葡萄糖标准溶液于20 mL具塞试管中,用蒸馏水补足至1 mL。向试管中加入1 mL质量浓度5 g/mL的苯酚试剂,摇匀后快速加入5 mL浓H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(与液面垂直加入,勿接触试管壁,以便与反应液充分混合)振荡。摇匀后置于冷水浴中冷却至室温,以蒸馏水同法作空白参比,在490 nm波长处测定吸光度,以浓度为横坐标,吸光度为纵坐标绘制标准曲线。

**鲍鱼中多糖含量的测定:**称取一定量的干制鲍鱼样品,用料理机搅碎后作为实验样品备用,后续步骤同葡萄糖标准曲线绘制方法。

### 1.2.5 鲍鱼中总糖含量的测定

鲍鱼中总糖含量的测定方法参照国标<sup>[19]</sup>。

### 1.2.6 鲍鱼中胶原蛋白含量的测定

分别吸取0、12.50、25.00、37.50、50.00、62.50 mL的L-羟脯氨酸标准工作液于100 mL容量瓶中,用蒸馏水定容至100 mL,得到质量浓度分别为0、0.59、1.18、1.77、2.36、2.95 μg/mL的L-羟脯氨酸标准使用液。分别吸取不同浓度的L-羟脯氨酸标准使用液4.00 mL于20 mL具塞试管中,加入氯胺T溶液2.00 mL,摇匀后室温静置20 min;加入显色剂2.00 mL,摇匀,塞上塞子于60℃恒温水浴中保温20 min后取出,迅速冷却。同时用水制备空白,在波长(558±2) nm处测定吸光度。以扣除了空白标准工作液的吸光度为纵坐标,以相应的质量浓度为横坐标,绘制标准曲线。

### 1.2.7 鲍鱼中氨基酸含量的测定

鲍鱼中氨基酸含量的测定参照张亚琦<sup>[3]</sup>的方法,并在此基础上进行调整。将鲍鱼样品进行低温烘干粉碎后称取10 mg左右,在真空条件下用6 mol/L盐酸于110℃条件下水解24 h,水解结束后用超纯水定容并通过氨基酸自动分析仪进行检测。

## 1.3 统计分析

每组实验重复3次,应用SPSS软件对实验数据作显著性分析(Tukey,  $p < 0.05$ ),并采用Origin 8.5软件作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 标准曲线的绘制

葡萄糖和L-羟脯氨酸的标准曲线见图1、图2。

### 2.2 不同干燥方法与鲍鱼中多糖含量的关系

多糖具有抗氧化<sup>[20]</sup>、抗肿瘤<sup>[21]</sup>、抗衰老<sup>[22]</sup>、降

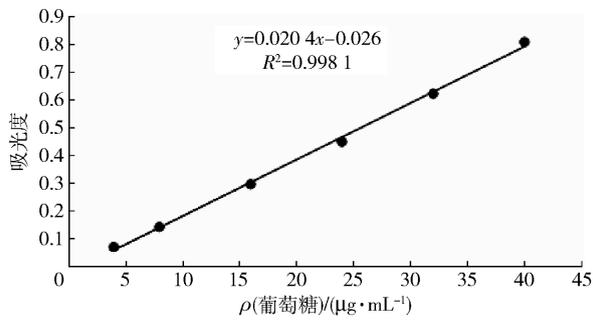


图1 葡萄糖标准曲线

Fig. 1 Standard curve of glucose

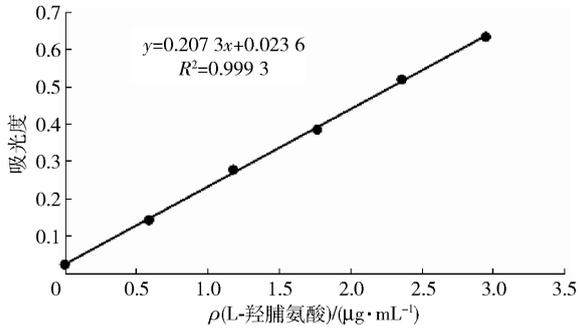


图2 L-羟脯氨酸标准曲线

Fig. 2 Standard curve of L-hydroxyproline

血脂<sup>[23]</sup>、提高免疫力<sup>[24]</sup>等生理功效。而鲍鱼多糖作为一种水溶性多糖,有研究表明其具有良好的抗肿瘤、增强免疫功能等生物活性<sup>[25]</sup>。不同的干燥方式对于鲍鱼中多糖含量的影响具有显著性差异,见图3。其中自然晾晒的鲍鱼中多糖含量显著高于热风干燥和微波真空干燥,可能是由于自然晾晒的作用温度远低于热风干燥和微波真空干燥,导致其对鲍鱼组织结构的破坏较少,减少了多糖的流失。而在鲍鱼的3种干燥方式中,以热风干燥的作用温度最高,故其鲍鱼中多糖质量分数最低,约为0.03 g/100 g。

### 2.3 不同干燥方法与鲍鱼中总糖含量的关系

干燥方式的不同对鲍鱼中总糖含量的影响存在显著性差异,见图4。在不同的干燥方式中,自然晾晒方式的鲍鱼中总糖含量最高,显著优于其余2种干燥方式,其总糖质量分数约为0.94 g/100 g,其次为微波真空干燥,热风干燥的总糖含量最低。导致这一结果的主要原因可能是热风干燥和微波真空干燥对鲍鱼细胞结构的破坏较大,且干燥温度较高,糖类物质易降解,局部焦糖化及美拉德反应程度加深,使得总糖的损失较大。

### 2.4 不同干燥方法与鲍鱼中胶原蛋白含量的关系

胶原蛋白是动物体内含量最多的一类蛋白质,

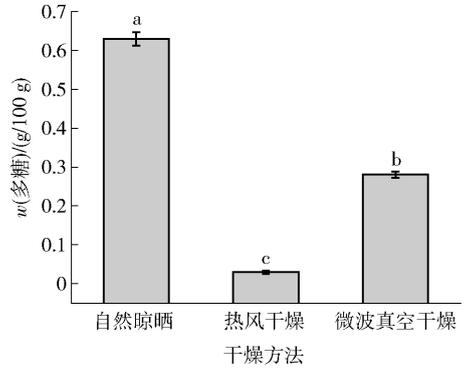


图3 不同干燥方法对鲍鱼中多糖含量的影响

Fig. 3 Effect of drying methods to contents of polysaccharide in abalone

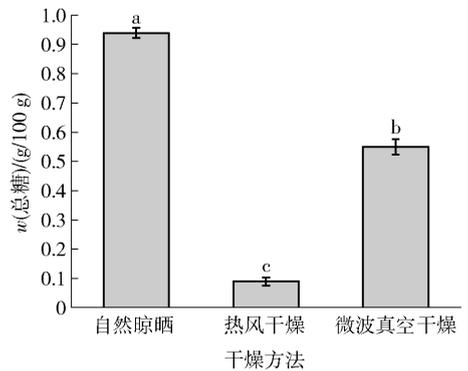


图4 不同干燥方法对鲍鱼中总糖含量的影响

Fig. 4 Effect of drying methods to contents of total sugar in abalone

以不溶纤维形式存在,具有高度抗张能力,且其氨基酸序列中含有其他蛋白质所不具有的特征性氨基酸—羟脯氨酸和羟基赖氨酸,故可通过测定羟脯氨酸的含量确定组织结构中相对应的胶原蛋白含量<sup>[26]</sup>。而胶原蛋白作为鲍鱼腹足的主要蛋白质,其含量的高低直接影响了鲍鱼加工制品的品质。鲍鱼中胶原蛋白的含量受干燥方式的影响,不同干燥方式的鲍鱼胶原蛋白含量间存在显著性差异,见图5。其中,微波真空干燥和热风干燥的胶原蛋白含量同自然晾晒间具有较大的差异,其质量分数分别为16.59%、15.86%和3.98%,而微波真空干燥和热风干燥的胶原蛋白含量虽差异不大,但仍存在显著性关系。综上,不同干燥方式对鲍鱼中胶原蛋白含量的影响从小到大依次为微波真空干燥、热风干燥、自然晾晒。

### 2.5 不同干燥方法与鲍鱼中氨基酸含量的关系

TEAA(点必需氨基酸)是指赖氨酸、蛋氨酸、苯丙氨酸、缬氨酸、亮氨酸、异亮氨酸、苏氨酸、精氨酸、组氨酸;DAA(呈味氨基酸)是指天门冬氨

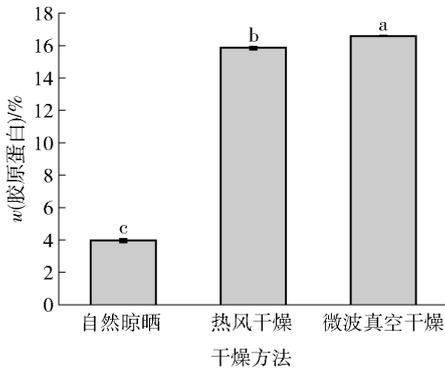


图5 不同干燥方法对鲍鱼中胶原蛋白含量的影响

Fig.5 Effect of drying methods to contents of collagen in abalone

酸、谷氨酸、甘氨酸、丙氨酸、丝氨酸和脯氨酸;FAA(游离氨基酸)为鲜味氨基酸(Glu、Asp)和甜味氨基酸(Gly、Ala);色氨酸在酸水解中破坏,未能检测。

自然晾晒与热风干燥、微波真空干燥的氨基酸总量(TAA)相差悬殊,呈显著性差异,表明不同干燥方式对鲍鱼中氨基酸含量有影响(见表1)。表中同一行数据上不同上标字母代表显著差异( $p < 0.5$ );每个参数测3次取平均值,  $\bar{x} \pm S$ 。就鲍鱼中的DAA、TEAA及TAA而言,干燥方式对其含量的影响均从小到大依次为热风干燥、微波真空干燥、自然晾晒。同时由表可知,不同干燥方式的鲍鱼干品中,谷氨酸的含量最高,其次为精氨酸、天门冬氨酸、甘氨酸、亮氨酸及丙氨酸。谷氨酸和天门冬氨酸作为呈鲜味的特征性氨基酸,甘氨酸和丙氨酸作为呈甘味的特征性氨基酸<sup>[27]</sup>,二者氨基酸总和同总氨基酸(FAA/TAA)的比值分别为35.57%、39.02%、38.79%,略高于鸡汤<sup>[28]</sup>及秋刀鱼<sup>[29]</sup>,接近马氏珠母贝<sup>[27]</sup>和刺鳅<sup>[30]</sup>,从而很好地解释了干制鲍鱼味道鲜美的原因。从干制鲍的营养价值及功能性分析发现,干制鲍鱼中的亮氨酸含量较高,这对提高蛋白肽抗氧化能力具有促进作用<sup>[31]</sup>。精氨酸虽不是必需氨基酸,但其在调节内分泌及促进儿童生长发育中起到重要的作用<sup>[32-33]</sup>,且赖氨酸/精氨酸的值越高,对降低胆固醇越有利<sup>[34]</sup>,不同干燥方式的鲍鱼干品中赖氨酸/精氨酸的值分别为59.20%、58.31%、54.44%,略高于刺参<sup>[34]</sup>、牡蛎<sup>[35]</sup>、贻贝<sup>[36]</sup>。综上所述,干燥方式对鲍鱼的鲜味、营养价值及功能性的影响程度从小到大依次为热风干燥、微波真空干燥、自然晾晒。

表1 不同干燥方法对鲍鱼中氨基酸含量的影响

Tab.1 Effect of drying methods to contents of amino acid in abalone

$\omega$ (氨基酸)/ ( $g \cdot kg^{-1}$ )	干燥方法		
	自然晾晒	热风干燥	微波真空干燥
牛磺酸 Tau	45.24 $\pm$ 0.31 <sup>b</sup>	50.67 $\pm$ 0.25 <sup>a</sup>	51.2 $\pm$ 0.66 <sup>a</sup>
天门冬氨酸 Asp	31.17 $\pm$ 0.45 <sup>c</sup>	57.87 $\pm$ 0.75 <sup>a</sup>	56.8 $\pm$ 0.7 <sup>b</sup>
脯氨酸 Pro	15.1 $\pm$ 0.3 <sup>b</sup>	31.9 $\pm$ 0.8 <sup>a</sup>	31.92 $\pm$ 0.46 <sup>a</sup>
丝氨酸 Ser	16.17 $\pm$ 0.42 <sup>c</sup>	31.47 $\pm$ 0.83 <sup>a</sup>	29.3 $\pm$ 0.6 <sup>b</sup>
谷氨酸 Glu	48.87 $\pm$ 0.32 <sup>c</sup>	99.23 $\pm$ 0.57 <sup>a</sup>	88.67 $\pm$ 0.25 <sup>b</sup>
甘氨酸 Gly	25.2 $\pm$ 0.46 <sup>c</sup>	56.43 $\pm$ 1.12 <sup>a</sup>	54.77 $\pm$ 0.83 <sup>b</sup>
丙氨酸 Ala	18.27 $\pm$ 0.35 <sup>c</sup>	37.1 $\pm$ 0.26 <sup>a</sup>	35.39 $\pm$ 0.57 <sup>b</sup>
胱氨酸 Cys	1.91 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	3.67 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	3.77 $\pm$ 0.06 <sup>a</sup>
缬氨酸 Val	13.51 $\pm$ 0.04 <sup>c</sup>	24.33 $\pm$ 0.32 <sup>a</sup>	22.80 $\pm$ 0.07 <sup>b</sup>
蛋氨酸 Met	6.82 $\pm$ 0.06 <sup>c</sup>	13.63 $\pm$ 0.57 <sup>a</sup>	12.89 $\pm$ 0.28 <sup>b</sup>
异亮氨酸 Ile	12.48 $\pm$ 0.46 <sup>c</sup>	22.33 $\pm$ 0.61 <sup>a</sup>	20.49 $\pm$ 0.78 <sup>b</sup>
亮氨酸 Leu	23.38 $\pm$ 0.51 <sup>c</sup>	42.57 $\pm$ 0.35 <sup>a</sup>	39.50 $\pm$ 0.30 <sup>b</sup>
络氨酸 Tyr	8.4 $\pm$ 0.44 <sup>c</sup>	16.61 $\pm$ 0.71 <sup>a</sup>	15.33 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>
苯丙氨酸 Phe	12.56 $\pm$ 0.26 <sup>b</sup>	22.7 $\pm$ 0.2 <sup>a</sup>	22.04 $\pm$ 0.37 <sup>a</sup>
赖氨酸 Lys	18.57 $\pm$ 0.57 <sup>c</sup>	36.37 $\pm$ 0.55 <sup>a</sup>	32.3 $\pm$ 0.36 <sup>b</sup>
组氨酸 His	4.43 $\pm$ 0.35 <sup>b</sup>	7.77 $\pm$ 0.15 <sup>a</sup>	7.17 $\pm$ 0.35 <sup>a</sup>
精氨酸 Arg	31.37 $\pm$ 0.51 <sup>c</sup>	62.37 $\pm$ 0.75 <sup>a</sup>	59.33 $\pm$ 0.45 <sup>b</sup>
苏氨酸 Thr	13.8 $\pm$ 0.7 <sup>c</sup>	25.23 $\pm$ 0.51 <sup>a</sup>	23.73 $\pm$ 0.71 <sup>b</sup>
DAA	154.78 $\pm$ 1.80 <sup>c</sup>	314 $\pm$ 1.52 <sup>a</sup>	296.85 $\pm$ 1.04 <sup>b</sup>
TEAA	136.92 $\pm$ 1.70 <sup>c</sup>	257.3 $\pm$ 0.86 <sup>a</sup>	240.25 $\pm$ 1.24 <sup>b</sup>
TAA	347.25 $\pm$ 1.83 <sup>c</sup>	642.25 $\pm$ 2.04 <sup>a</sup>	607.4 $\pm$ 2.19 <sup>b</sup>
w(FAA/TAA)/%	35.57	39.02	38.79
w(Lys/Arg)/%	59.20	58.31	54.44

### 3 结论

文章主要研究了不同干燥方法对鲍鱼营养成分的影响。其中,自然晾晒方式的鲍鱼中多糖及总糖含量较高,但胶原蛋白及氨基酸含量较低;而胶原蛋白含量最高的干燥方式为微波真空干燥,氨基酸含量最高的干燥方式为热风干燥。综合分析,由于自然晾晒方式受环境及天气影响较大,干制时间较长,且卫生情况较难保证,易沾染灰尘等污染物,故为方便今后的工业化生产及保证卫生条件,宜采用热风干燥及微波真空干燥方式对鲍鱼进行干制。

#### 参考文献:

- [1] KRESGE N, VACQUIER V D, STOUT C D. Abalone lysin; the dissolving and evolving sperm protein [J]. Bioessays, 2001, 23(1): 95-103.
- [2] 高智春. 鲍鱼干制工艺及产品特性的研究[D]. 福

- 州:福建农林大学,2011:1-15.
- [3] 张亚琦. 鲍鱼的物性学研究及加工工艺探讨[D]. 青岛:中国海洋大学,2008:15-20.
- [4] 朱蓓薇. 海珍品加工理论与技术的研究[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [5] OLAECHEA R P, USHIO H, WATABE S, et al. Toughness and collagen content of abalone muscles[J]. *Bioscience Biotechnology & Biochemistry*, 1993, 57(1):6.
- [6] 殷红玲, 杨静峰, 李冬梅, 等. 酶法提取鲍鱼多糖的研究[J]. *食品与发酵工业*, 2006, 32(12):158-160. YIN H L, YANG J F, LI D M, et al. Optimum condition for extraction of polysaccharide from abalone[J]. *Food and Fermentation Industries*, 2006, 32(12):158-160.
- [7] 余志刚, 胡谷平, 郭志勇, 等. 鲍鱼多糖 Hal-A 的热分析研究[J]. *有机化学*, 2003, 23(10):1149-1151. SHE Z G, HU G P, GUO Z Y, et al. Study on the thermal decomposition of the sulphated polysaccharide Hal-A from *Haliotis diversicolor* Reeve[J]. *Chinese Journal of Organic Chemistry*, 2003, 23(10):1149-1151.
- [8] ZHANG S, ZHANG B. Effect of drying methods on quality of abalone[J]. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2013, 11(3):444-447.
- [9] 易美华, 王锡彬. 海南鲍营养成分及活性物质的分析研究[J]. *农牧产品开发*, 1997(12):34-38.
- [10] 牟水元. 鲍鱼加工技术[J]. *渔业致富指南*, 2007(4):55-57.
- [11] 李太武, 苏秀榕, 丁明进. 皱纹盘鲍中几种营养成分的测定[J]. *中国海洋药物*, 1995(1):47-48.
- [12] 陈子豪, 王茂剑, 张健, 等. 仿刺参冷风干制工艺优化及不同干制方式的比较[J]. *食品科学*, 2017, 38(12):196-203. CHEN Z H, WANG M J, ZHANG J, et al. Optimization of cold-air drying of *Apostichopus japonicus* and comparison with other drying methods[J]. *Food Science*, 2017, 38(12):196-203.
- [13] LI M, WU Y, GUAN Z. Effect of physical osmosis methods on quality of tilapia fillets processed by heat pump drying[J]. *Polish Journal of Food & Nutrition Sciences*, 2017, 67(2):145-150.
- [14] DANG V T, BENKENDORFF K, CORBEIL S, et al. Immunological changes in response to herpes virus infection in abalone *Haliotis laevigata* and *Haliotis rubra* hybrids[J]. *Fish & Shellfish Immunology*, 2013, 34(2):688-691.
- [15] 张孙现, 陈玲, 秦波, 等. 盐渍对鲍鱼微波真空干燥过程和品质的影响[J]. *食品科学技术学报*, 2013, 31(6):41-45. ZHANG S X, CHEN L, QIN B, et al. Effects of pretreatment on microwave-vacuum drying process and product quality of abalone[J]. *Journal of Food Science and Technology*, 2013, 31(6):41-45.
- [16] 徐玮, 麦康森, 王正丽. 鲍鱼必需脂肪酸营养生理研究[J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2004, 34(6):983-987. XU W, MAI K S, WANG Z L. Study on nutritional physiology of essential fatty acids in abalone[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2004, 34(6):983-987.
- [17] 楼乔明, 王玉明, 杨延存, 等. 皱纹盘鲍脂肪酸及脂肪醛二甲基缩醛的气相色谱/质谱分析[J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2011, 41(6):41-44. LOU Q M, WANG Y M, YANG Y C, et al. Analysis of fatty acids and fatty aldehyde dimethyl acetals in *Haliotis discus hannai* ino by gas chromatography/mass spectrometry[J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2011, 41(6):41-44.
- [18] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 地理标志产品 大连鲍鱼: GB/T 20710—2006[S]. 北京:中国标准出版社, 2006.
- [19] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 肉制品总糖含量测定:GB/T 9695.31—2008[S]. 北京:中国标准出版社, 2008.
- [20] LI X, WANG Z, WANG L, et al. *In vitro* antioxidant and anti-proliferation activities of polysaccharides from various extracts of different mushrooms[J]. *International Journal of Molecular Sciences*, 2012, 13(5):5801-5817.
- [21] LI G, YU K, LI F, et al. Anticancer potential of *Hericium erinaceus*, extracts against human gastrointestinal cancers[J]. *Journal of Ethnopharmacology*, 2014, 153(2):521-530.
- [22] LIU J, DU C, WANG Y, et al. Anti-fatigue activities of polysaccharides extracted from *Hericium erinaceus* [J]. *Experimental and Therapeutic Medicine*, 2015, 9(2):483-487.
- [23] WANG M, GAO Y, XU D, et al. *Hericium erinaceus* (Yamabushitake): a unique resource for developing functional foods and medicines[J]. *Food & Function*, 2014, 5(12):3055-3064.
- [24] SHEU S C, YING L, LEE M S, et al. Immunomodulatory effects of polysaccharides isolated from *Hericium erinaceus* on dendritic cells[J]. *Process Biochemistry*, 2013, 48(9):1402-1408.
- [25] 王兵, 蒋建敏, 许东晖, 等. 鲍鱼多糖对荷人鼻咽癌裸鼠抗癌作用的研究[J]. *中草药*, 2000, 31(8):597-599. WANG B, JIANG J M, XU D H, et al. Antitumor effect of abalone polysaccharide on human nasopharyngeal

- cancer inoculated on nude mice[J]. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2000, 31(8):597-599.
- [26] 张俊杰, 曾庆孝. 比色法测定鱼鳞中羟脯氨酸的研究[J]. 食品科技, 2004(4):83-85.  
ZHANG J J, ZENG Q X. Determination of hydroxyproline in fish scales [J]. Food Science and Technology, 2004 (4):83-85.
- [27] 章超桦, 刘亚, 杨萍, 等. 马氏珠母贝肉酶解蛋白抗疲劳功能的初步研究[J]. 中国海洋药物, 2006, 25(4):46-47.  
ZHANG C H, LIU Y, YANG P, et al. Preliminary study on anti-fatigue effects of enzymatic hydrolyzed animal protein extracted from *Pinctada martensii* [J]. Chinese Journal of Marine Drugs, 2006, 25(4):46-47.
- [28] 张小强, 田亚东, 康相涛, 等. 固始鸡汤主要营养成分分析[J]. 食品工业科技, 2008(1):268-270.  
ZHANG X Q, TIAN Y D, KANG X T, et al. Analysis of primary nutritive compositions in Gushi chicken soup [J]. Science and Technology of Food Industry, 2008 (1):268-270.
- [29] 叶彬清, 陶宁萍, 王锡昌. 秋刀鱼肌肉营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2014, 36(4):406-408.  
YE B Q, TAO N P, WANG X C. Analysis and evaluation of nutritional composition of cololabis saira muscle [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2014, 36(4):406-408.
- [30] 伍远安, 梁志强, 李传武, 等. 两种刺鲷肌肉营养成分分析及评价[J]. 营养学报, 2010, 32(5):499-502.
- WU Y A, LIANG Z Q, LI C W, et al. Analysis and evaluation of nutritional components in the muscle of two kinds of mastacembelus [J]. Acta Nutrimenta Sinica, 2010, 32(5):499-502.
- [31] RANATHUNGA S, RAJAPAKSE S, KIM S K. Purification and characterization of antioxidative peptide derived from muscle of congereel (*Conger myriaster*) [J]. European Food Research & Technology, 2006, 222(3/4):310-315.
- [32] JOBGEN W S, FRIED S K, FU W J, et al. Regulatory role for the arginine-nitric oxide pathway in metabolism of energy substrates [J]. Journal of Nutritional Biochemistry, 2006, 17(9):571-588.
- [33] YAO K, YIN Y L, CHU W, et al. Dietary arginine supplementation increases mTOR signaling activity in skeletal muscle of neonatal pigs [J]. Journal of Nutrition, 2008, 138(5):867-872.
- [34] JING W, HU C, FAN S. Chemical composition and nutritional quality of sea cucumbers [J]. Journal of the Science of Food & Agriculture, 2010, 90(14):2469-2474.
- [35] WANG D, ZHAO Y H, ZENG M Y, et al. Nutritional components and water-extraction process of *Crassostrea gigas* meat [J]. Food Science & Technology, 2011(3):57.
- [36] CHI C F, ZHANG J S, WU C W, et al. Analysis and evaluation of nutrition composition of mussel [J]. Advanced Materials Research, 2012, 554:1455-1458.

## Effect of Drying Methods to Nutritional Compositions of Abalone

ZHANG Sunxian

(Fujian Inspection and Research Institute for Product Quality, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** In this work, sun drying, hot-air drying and microwave drying were used to study the effects of drying methods on nutrients of abalone. The results showed that the contents of polysaccharide and total sugar in sun dried abalone were significantly higher than that in hot-air or microwave dried abalone. However, the contents of collagen and amino acids of abalone were significantly lower than that in hot-air or microwave dried abalone. Furthermore, it was also found that hot-air dried abalone not only had similar collagen content compared to microwave dried abalone, but also had a higher amino acid content than microwave dried abalone. Therefore, hot-air drying and microwave drying are better than sun drying from the aspects of product quality and production efficiency.

**Keywords:** drying; abalone; polysaccharide; total sugar; collagen; amino acids