

三种加工方式海带中砷形态和含量的比较

赵梦醒^{1,2}, 刘淇^{*1}, 江志刚³, 雷敏², 曹荣¹

(1. 中国水产科学研究院 黄海水产研究所, 山东 青岛 266071; 2. 青岛农业大学 食品科学与工程学院, 山东 青岛 266109; 3. 山东出入境检验检疫局, 山东 青岛 266001)

摘要: 以不同加工方式(直接干燥、漂烫、漂烫-盐渍-水洗)的海带为研究对象,采用高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱(HPLC-ICP-MS)联用技术测定砷的形态和含量。结果表明,直接干燥海带和漂烫后海带总砷含量分别为 47.23 mg/kg 和 42.91 mg/kg(以干重计),无显著差异($P>0.05$);漂烫-盐渍-水洗后的海带总砷含量为 25.62 mg/kg(以干重计),与直接干燥海带和漂烫后海带相比差异极显著($P<0.01$);海带中总砷含量经漂烫-盐渍-水洗后逐步减少,尤以盐渍水洗过程减少最明显。海带中砷的主要形态为有机态,分别是砷胆碱、砷甜菜碱、二甲基砷和 3 种疑似砷糖的物质,其中砷糖质量分数最高($w>95\%$),无机砷质量分数最低($w<1\%$)。

关键词: 海带;加工方式;砷形态;含量

中图分类号: TS 254.7 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673—1689(2013)05—0529—07

Comparison of Three Kinds of Processing Methods on Arsenic Speciation and Content in *Laminaria japonica*

ZHAO Meng-xing^{1,2}, LIU Qi^{*1}, JIANG Zhi-gang³, LEI Min², CAO Rong¹

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266071, China;
2. College of Food Science and Engineering, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China;
3. Shandong Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Qingdao 266001, China)

Abstract: The aims of this manuscript were to study arsenic speciation and content in kelp with different processing methods (direct drying, blanching, blanching-salting-washing) by high performance liquid chromatography coupled to inductively coupled plasma-mass spectrometry (HPLC-ICP-MS). The results showed that the total arsenic content in direct drying kelp was 47.23 mg/kg and blanching kelp was 42.91 mg/kg (dry weight) with no significant differences ($P>0.05$). The total arsenic content in blanching-salting-washing kelp was 25.62 mg/kg (dry weight), there was extremely significant differences ($P<0.01$) from direct drying kelp and blanching kelp. The total arsenic content in kelps was gradually decreased after blanching-salting-washing, while the salting-washing process decreased most obviously. Arsenocholine, arsenobetaine, dimethylarsinic acid and three substances suspected as arsenic sugar were the major arsenic forms in kelps, which

收稿日期: 2012-12-03

基金项目: 公益性行业(农业)科研专项(200903030)。

* 通信作者: 刘淇(1965—),男,山东招远人,研究员,主要从事水产品加工与综合利用研究。E-mail: liuqi@ysfri.ac.cn

arsenic sugar was in the highest amount ($w > 95\%$) and inorganic arsenic was in the lowest amount ($w < 1\%$).

Keywords: *Laminaria japonica*, processing methods, arsenic speciation, content

砷元素普遍存在于自然界各种生物体及环境组分中, 砷复杂的新陈代谢方式和生物积累导致这一元素有超过 25 种不同的形态, 并且有广泛的浓度范围^[1]。砷的毒性与其化合物的性质, 尤其与砷元素的化合价有关^[2]。许多砷化合物对动植物都有毒性, 其中无机砷被证明是人类的致癌物, 而有机砷的毒性较小^[3]; 砷化合物毒性由大到小的顺序为: 砷化氢 > 三氧化二砷 > 亚砷酸 > 砷酸 > 有机砷^[4]。因此, 在评价食品安全性时, 食品中砷元素的形态是重要因素。

海藻是一种高纤维、高矿物质、低脂肪食品^[5]。2002 年, 联合国粮农组织 (FAO) 调查显示, 在亚洲, 习惯上把海藻作为食品和药品的天然来源, 中国、日本、韩国、越南和印度尼西亚是海藻的最大消费区^[6]。我国藻类加工品产量增长迅速, 2010 年比 2007 年增长 42.78%。近几年, 我国海带 (*Laminaria japonica*) 每年海水养殖产量占藻类海水养殖产量的一半以上^[7-8]。海带是提取海藻酸盐等物质的重要原料, 也有相当一部分海带仅经过简单预处理 (如晒干) 后直接进入市场供消费者食用, 海带在实际生产中主要以淡干海带或盐渍海带为主。

海藻中的砷含量较高, 一般在 20~60 mg/kg (以干重计) 之间^[9], 2006 年海藻中无机砷超标问题对海藻加工企业造成严重损失^[10]。砷的毒性与其形态密切相关, 很多学者采用高效液相色谱 (HPLC)、离子色谱 (IC)、毛细管电泳 (CE) 等分离技术, 结合电感耦合等离子体质谱 (ICP-MS)、原子荧光光谱 (AES) 等检测技术分析不同形态砷化合物^[11-17], 但有关海带加工过程中砷形态和含量的变化情况研究较少。因此, 本实验以不同加工方式的海带为研究对象, 采用高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱法 (HPLC-ICP-MS) 测定海带中的砷形态, 并进行定量分析, 为海带加工品的开发提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 实验原料 新鲜海带 (*Laminaria japonica*), 2011 年 5 月采自山东荣成。将新鲜海带按以下 3 种

方式加工处理。

组, 直接干燥组: 鲜海带冲洗后直接晒干, 然后烘干粉碎至 40 目备用;

组, 漂烫组: 鲜海带 100 °C 漂烫 2 min, 自来水冷却后晒干, 最后烘干粉碎至 40 目备用;

组, 漂烫-盐渍-水洗组: 鲜海带 100 °C 漂烫 2 min, 自来水冷却, 沥水, 盐渍 (无碘盐质量分数) 25%, 盐渍时间 72 h, 冲洗 3 次, 自来水浸泡 12 h, 再冲洗 3 次后晒干, 最后烘干粉碎至 40 目备用。

1.1.2 仪器 BSA 224S-CW 型分析天平, 德国 Sartorius 公司产品; MARS EXPRESS 微波消解仪, 美国 CEM 公司产品; 7500cx 型电感耦合等离子体质谱仪, 美国 Agilent 公司产品; 1260 型高效液相色谱仪, 美国 Agilent 公司产品; AFS-2201 双道氢化物发生原子荧光光度计, 北京海光仪器厂产品; SA-10 原子荧光形态分析仪, 北京吉天仪器有限公司产品; Milli-Q 超纯水系统, 美国 Millipore 公司产品; KQ5200DE 型数控超声波清洗器, 昆山市超声仪器有限公司产品; TGL-20B 型离心机, 上海安亭科学仪器厂产品; InoLab pH740 型 pH 计, 德国 WTW 公司产品; 涡旋混合器, 德国 IKA 公司产品。

Halmilton PRP-X100 阴离子色谱柱 (10 μm , 250 mm $\times$ 4.1 mm), PEEK 管 ($\varphi=0.18$ mm); 0.45 μm 水相微孔滤膜, 天津市科亿隆实验设备有限公司提供。

1.1.3 试剂 标准品: 亚砷酸根 (As⁻)、砷酸根 (As³⁺)、一甲基砷 (MMA)、二甲基砷 (DMA)、砷胆碱 (AsC)、砷甜菜碱 (AsB), 购于中国计量科学研究院; 磷酸氢二铵 (分析纯), 上海试剂二厂产品; 甲酸 (优级纯), 天津市光复精细化工研究所提供; 硝酸 (优级纯), 德国 MERCK 公司产品。

1.2 方法

1.2.1 海带中总砷含量测定方法 准确称取烘干后的海带粉 0.5 g (精确至 0.001 g), 放入微波消解罐中; 加入 5 mL HNO₃, 静置 30 min, 将消解罐放入微波消解仪中, 设定消解程序和参数 (如表 1 所示) 并消解; 消解后用超纯水定容至 50 mL; 用 ICP-MS

测定消解液中的总砷含量,同时测定试剂空白。

表 1 微波消解操作程序

Table 1 Operating program for microwave digestion system

步骤	功率/W	升温时间/min	控制温度/℃	保持时间/min
1	1 600	6	120	3
2	1 600	6	160	3
3	1 600	6	180	20

1.2.2 海带中无机砷含量测定方法 采用高效液相色谱-氢化物发生原子荧光联用技术^[18]。

1.2.3 砷形态测定方法

1) 流动相的配制

20 mmol/L 磷酸氢二铵:称取 2.6412 g 磷酸氢二铵,加水溶解并定容至 1 L。用质量分数 10%甲酸调 pH 至 6.0(± 0.1),0.45 μm 水相微孔滤膜过滤,超声 20 min 脱气。

2) 标准溶液的配制

砷标准储备液:亚砷酸根、砷酸根、一甲基砷、二甲基砷、砷胆碱(以下简称 5 种砷)及砷甜菜碱,用超纯水配制每种标准储备液的质量浓度为 5 $\mu\text{g/mL}$,于 4℃ 冰箱保存;

砷标准溶液:将 5 种砷的标准储备液及砷甜菜碱标准储备液逐级稀释,以 20 mmol/L $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 溶液(pH 6.0)为介质,配制质量浓度分别为 5、10、20、40、100 ng/mL 的混合标准溶液。利用 ICP-MS 色谱软件计算色谱峰的积分面积,得到不同浓度梯度的砷形态标准曲线。

3) ICP-MS 工作条件

RF 功率 1 510 W;雾化器为同心雾化器,用 PEEK 管将色谱柱与雾化器的入口连接;雾化室温度 2℃;蠕动泵转速 12 r/min;采样深度 7.4 mm;载气流量 0.84 L/min;辅助气流量 0.31 L/min。

4) 色谱条件

色谱柱:Hamilton PRP-X100 阴离子色谱柱(10 μm , 250 mm $\times$ 4.1 mm);流动相:20 mmol/L 磷酸氢二铵,pH 6.0,等度洗脱;进样体积 50 μL ;体积流量 1.0 mL/min。

5) 样品前处理

称取 0.1 g 左右(精确至 0.001 g)海带粉,加入 10 mL 20 mmol/L $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ 溶液(pH 6.0),涡旋混匀,超声萃取 40 min;8 000 r/min 离心 10 min,吸

取上清液,用 0.45 μm 滤膜过滤,此滤液即为样品提取液。

1.2.4 样品提取液中总砷含量测定方法 移取 0.5 mL 样品提取液,加入 1 mL 硝酸,用超纯水定容至 10 mL。采用 ICP-MS 测定提取液中的总砷含量。

1.2.5 标准曲线绘制方法 对质量浓度分别为 5、10、20、40、100 ng/mL 的 5 种砷混合标准溶液和砷甜菜碱标准溶液的砷形态进行 HPLC-ICP-MS 分析,以砷质量浓度为横坐标,峰面积为纵坐标绘制标准曲线。

1.2.6 数据处理 采用 SPSS 17.0 统计软件对数据进行 T-检验比较分析,结果用平均值 $\pm$ 标准差($\bar{x}\pm s$)表示。

2 结果与分析

2.1 海带样品中的总砷和无机砷含量

表 2 是不同加工方式海带样品的总砷和无机砷含量。从表中可知,无机砷含量占总砷含量的百分比小于 1%;与直接干燥海带相比,漂烫后海带的总砷和无机砷含量均减少,无显著差异($P>0.05$);漂烫-盐渍-水洗组海带的总砷含量下降了 45.75%,差异极显著($P<0.01$)。海带经盐渍水洗后砷含量明显减少,与孙建璋等^[19]认为在热烫、盐渍过程中海带含砷量降低的结论相一致。

表 2 不同加工方式海带样品中总砷和无机砷含量

Table 2 Contents of total arsenic and inorganic arsenic in kelps

组别	总砷/(mg/kg)	无机砷/(mg/kg)
	47.23 $\pm$ 1.16 ^A	0.409 $\pm$ 0.189 ^a
	42.91 $\pm$ 0.24 ^A	0.325 $\pm$ 0.187 ^a
	25.62 $\pm$ 0.55 ^B	0.183 $\pm$ 0.175 ^b

注:右上角不同小写字母的数据之间差异显著($P<0.05$),不同大写字母的数据之间差异极显著($P<0.01$),表 4 同。

2.2 海带样品中不同砷的形态及含量

2.2.1 标准曲线的绘制 图 1、2 分别是 40 ng/mL 的 5 种砷混合标准溶液和砷甜菜碱标准溶液的色谱图,线性回归方程如表 3 所示,各种形态砷的线性回归方程相关系数 $R\geq 0.999\ 8$,在 5.0~100.0 ng/mL 范围内具有良好的线性关系。

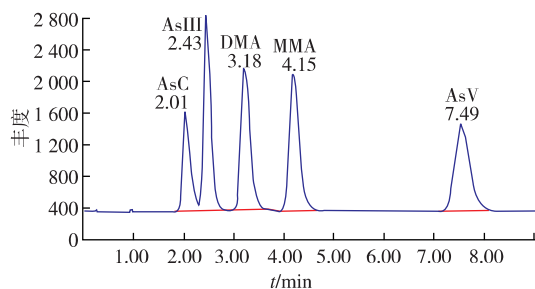


图 1 40 ng/mL 5 种砷混合标准溶液 HPLC-ICP-MS 色谱图

Fig. 1 HPLC-ICP-MS chromatogram of 40 ng/mL mixed standard solution

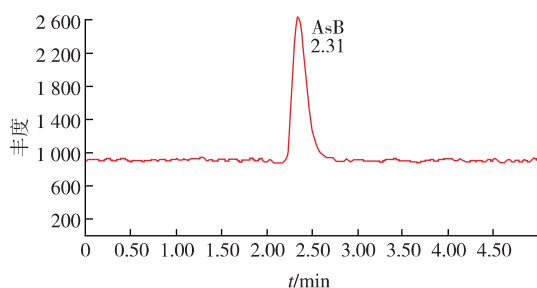


图 2 40 ng/mL AsB 标准溶液 HPLC-ICP-MS 色谱图

Fig. 2 HPLC-ICP-MS chromatogram of 40 ng/mL AsB standard solution

表 3 不同形态砷的线性回归方程

Table 3 Linear regression equations of different arsenics

砷形态	回归方程	R
AsC	$y=3\ 193.2x+1\ 249.8$	0.999 9
As	$y=5\ 973.4x+1\ 313.5$	1
DMA	$y=5\ 477.4x-16.385$	0.999 9
MMA	$y=5\ 845.5x+1\ 766.5$	1
As	$y=5\ 595.8x+5\ 786$	0.999 8
AsB	$y=4\ 636.3x+1\ 726$	0.999 9

2.2.2 样品分析 不同海带样品中的砷形态及含量如表 4 所示。结果表明,海带中的砷主要以有机砷形态存在,包括 3 种未知砷化合物;直接干燥海带中的已知砷形态为 AsC、AsB、DMA 和少量 As;与直接干燥海带比较,漂烫海带和漂烫-盐渍-水洗海带中的 AsC 含量明显下降,差异显著 ($P<0.05$),漂烫海带中的 As1 和 As2 含量显著下降 ($P<0.01$ 或 $P<0.05$),漂烫-盐渍-水洗海带中的砷化合物 As1、As2 和 As3 含量下降明显 ($P<0.01$ 或 $P<0.05$);海带经漂烫、盐渍水洗后 As 含量降低;含量毒性相对

较大的 As 在 3 种海带样品中均未检出。海藻中的砷主要以有机形态存在,无机砷含量很低,约占总砷含量的 5% 以内^[20-21],李卫华等^[22]、韦超^[23]在海带样品提取液中均未检出无机砷。高继庆^[24]采用氢化物发生原子荧光技术对干海带、盐渍海带和鲜海带(以湿重计)中的无机砷进行了测定,在扣除水分的影响后,盐渍海带中的无机砷含量下降,与本研究结果趋势相一致。

表 4 不同海带样品中砷形态及含量

Table 4 Species and contents of arsenic in kelps

砷形态	海带样品砷含量/(mg/kg)		
AsC	0.565 ± 0.022^a	0.235 ± 0.059^b	0.266 ± 0.043^b
AsB	0.243 ± 0.011^a	0.161 ± 0.018^a	N.D. ^b
As	N.D.	N.D.	N.D.
DMA	0.625 ± 0.066^a	0.686 ± 0.028^a	0.296 ± 0.017^b
MMA	N.D.	N.D.	0.038 ± 0.029
As	0.073 ± 0.004	0.068 ± 0.006	0.064 ± 0.003
As1	$985\ 572\pm11\ 740^A$	$158\ 332\pm11\ 401^B$	$22\ 888\pm4\ 136^C$
As2	$826\ 193\pm7\ 515^A$	$299\ 416\pm24\ 505^{Bb}$	$160\ 769\pm6\ 995^{Cc}$
As3	$4\ 364\ 375\pm77\ 166^A$	$3\ 031\ 436\pm245\ 532^A$	$197\ 650\pm23\ 118^B$

注:(1)N.D.表示未检出;(2)As1、As2、As3-砷糖,用峰面积表示含量。

图 3 是直接干燥海带样品的 HPLC-ICP-MS 色谱图,通过保留时间可以判定,As1、As2、As3 三种化合物均为有机砷。因此,海带中的砷主要以有机砷形态存在。从表 4 可知,漂烫海带中 As1、As2 与直接干燥海带相比有明显减少,而漂烫-盐渍-水洗海带中 As1、As2、As3 含量均有所下降,与海带中总砷含量变化趋势相一致,可见砷含量的减少主要是有机砷含量的减少。研究表明,海藻中砷化合物的主要形态是砷糖。孟昭宇^[9]研究了水产品中不同价态的砷,发现海藻中砷糖是最主要的砷化物形态,与 Toni Llorente-Mirandes 等^[17]检测结果一致;李卫华等^[22]研究发现海带中的砷形态是砷糖 PO_4 、砷糖 OH、砷糖 SO_3 和 DMA;Rehema Tukai 等^[25]采用微波辅助提取、HPLC-ICP-MS 技术检测了褐藻中的砷形态包括砷糖 PO_4 、砷糖 OH、砷糖 SO_3 及少量 DMA、As 和 MMA;韦超^[23]对海带样品中砷形态进行了研究,在样品提取液中检测到砷糖 PO_4 、砷糖

OH、砷糖 SO_3 和 DMA, 其中 3 种砷糖与本实验中 As1、As2、As3 的出峰位置相似, 据此推测这 3 种有机砷是砷糖。由于砷糖标准品没有商品化, 因此无法对砷化合物 As1、As2、As3 进行定性和定量。目前, 已经有学者从天然物质中分离出砷糖作为标准品^[22,25], 或者采用高效液相色谱-飞行时间质谱联用技术测定未知砷化物的精确分子量^[16], 以此来对砷糖进行定性。由于有机砷的 C-As 键结合牢固, 在人体内不能分解和蓄积, 毒性很低, 基本以原形排除体外^[26], 砷糖是海带中的主要砷形态, 因此未见有食用海带而发生砷中毒的报道。

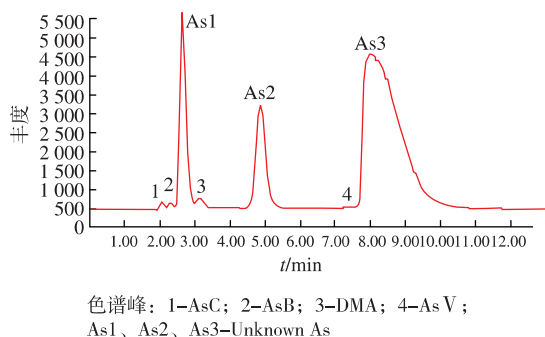


图 3 直接干燥海带样品的 HPLC-ICP-MS 色谱图

Fig. 3 HPLC-ICP-MS chromatograms of direct drying kelp

图 4 是 3 种海带提取液中不同砷形态含量测定结果的比较。结果显示, 海带提取液中 3 种砷糖化合物含量总和均占总砷含量的 95% 以上, 因此对海带的毒性影响较小; 直接干燥海带、漂烫海带和漂烫-盐渍-水洗海带样品的提取效率 (提取液中总砷含量与样品中总砷含量的比值) 分别是 88.59%、58.00% 和 29.95%, 说明不同样品用相同方法提取时, 提取效率存在较大差异, 与余晶晶等^[27]、

Slejkovec 等^[28]的研究结果一致。

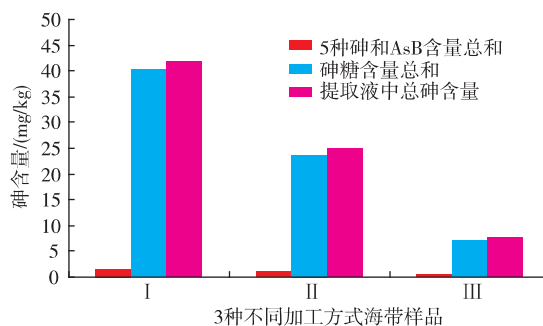


图 4 海带中不同形态砷含量结果

Fig. 4 Results of contents of arsenic in extract

3 结 语

1) 采用 ICP-MS 方法对不同加工方式的海带进行总砷测定, 直接干燥海带、漂烫海带和漂烫-盐渍-水洗海带的总砷含量分别为 47.23、42.91 mg/kg 和 25.62 mg/kg; 与直接干燥海带相比, 漂烫后海带总砷含量下降 9.15%; 漂烫-盐渍-水洗海带总砷含量下降 45.75%。

2) 通过对海带加工过程中砷形态和含量的比较, HPLC-ICP-MS 色谱图显示, 直接干燥海带和漂烫海带中含有砷胆碱、砷甜菜碱、二甲基砷和少量五价无机砷; 漂烫-盐渍-水洗海带中含有砷胆碱、二甲基砷、少量一甲基砷和五价无机砷; 3 种不同加工方式海带中均含有 3 种砷糖化合物, 其质量约占总砷质量的 95% 以上, 无机砷所占比例小于总砷质量的 1%。

3) 随着漂烫或盐渍水洗次数的增加, 海带中总砷含量下降, 且 3 种砷糖化合物对总砷含量的降低起主要作用。因此, 在直接食用或加工海带时可进行漂洗或水洗, 以减少海带砷的摄入量。

参考文献:

- [1] Valery M Dembitsky, Tomas Rezanka. Natural occurrence of arseno compounds in plants, lichens, fungi, algal species, and microorganisms[J]. **Plant Science**, 2003, 165(6): 1177-1192.
- [2] John S Edmonds, Kevin A Francesconi. Arsenic in seafoods: Human health aspects and regulations[J]. **Marine Pollution Bulletin**, 1993, 26(12): 665-674.
- [3] Tomas Rezanka, Karel Sigler. Biologically active compounds of semi-metals[J]. **Phytochemistry**, 2008, 69(3): 585-606.
- [4] Syoko Fukuda, Misaki Terasawa, Kazuo Shiomi. Phosphatidylarsenocholine, one of the major arsenolipids in marine organisms: Synthesis and metabolism in mice[J]. **Food and Chemical Toxicology**, 2011, 49(7): 1598-1603.
- [5] Ródenas de la Rocha S, Sánchez-Muniz F J, Gómez-Juaristi M, et al. Trace elements determination in edible seaweeds by an optimized and validated ICP-MS method[J]. **Journal of Food Composition and Analysis**, 2009, 22(4): 330-336.

- [6] Victoria Besada, José Manuel Andrade, Fernando Schultze, et al. Heavy metals in edible seaweeds commercialised for human consumption[J]. **Journal of Marine Systems**, 2009, 75(1-2):305-313.
- [7] 农业部. 2008 年渔业统计年鉴[C]. 北京:农业部渔业局, 2009.
- [8] 农业部. 2010 年全国渔业统计数据[C]. 北京:农业部渔业局, 2011.
- [9] 孟昭宇. 水产品中不同价态砷的安全性研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2005:2-3.
- [10] 吴成业, 王奇欣, 刘智禹, 等. 海藻中无机砷超标问题研究[J]. 水产学报, 2008, 32(4):644-650.
WU Cheng-ye, WANG Qi-xin, LIU Zhi-yu, et al. The survey on overmeasure of inorganic arsenic in seaweed[J]. **Journal of Fisheries of China**, 2008, 32(4):644-650. (in Chinese)
- [11] 赵云强, 郑进平, 杨明伟, 等. 毛细管电泳-电感耦合等离子体质谱法测定藻类中 6 种不同形态的砷化合物[J]. 色谱, 2011, 29(2):111-114.
ZHAO Yun-qiang, ZHENG Jin-ping, YANG Ming-wei, et al. Speciation analysis of arsenic in seaweeds by capillary electrophoresis-inductively coupled plasma mass spectrometry[J]. **Chinese Journal of Chromatography**, 2011, 29(2):111-114. (in Chinese)
- [12] 郭莹莹. 海藻中砷化合物检测技术研究及食用安全性评价[D]. 青岛:中国海洋大学, 2008:31-34.
- [13] 杨丽君, 宋晓华, 陈丽娟, 等. 高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱法同时测定果蔬中 6 种砷形态[J]. 分析实验室, 2011, 30(7):62-66.
YANG Li-jun, SONG Xiao-hua, CHEN Li-juan, et al. Simultaneous analysis of 6 arsenic speciations in fruits and vegetables by high performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry[J]. **Chinese Journal of Analysis Laboratory**, 2011, 30(7):62-66. (in Chinese)
- [14] 吕超, 刘丽萍, 董慧茹, 等. 高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱联用技术测定水产类膳食中 5 种砷形态的方法研究[J]. 分析测试学报, 2010, 29(5):465-468.
LV Chao, LIU Li-ping, DONG Hui-ru, et al. Analysis of five arsenic speciations by high performance liquid chromatography and inductively coupled plasma mass spectrometry[J]. **Journal of Instrumental Analysis**, 2010, 29(5):465-468. (in Chinese)
- [15] García Salgado S, Quijano Nieto M A, Bonilla Simón M M. Optimisation of sample treatment for arsenic speciation in alga samples by focussed sonication and ultrafiltration[J]. **Talanta**, 2006, 68(5):1522-1527.
- [16] 高杨, 曹煊, 余晶晶, 等. 高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱联用技术测定干海产品中砷化学形态[J]. 分析化学, 2009, 37(12):1738-1742.
GAO Yang, CAO Xuan, YU Jing-jing, et al. Determination of arsenic and its species in dry seafood by high performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry[J]. **Chinese Journal of Analytical Chemistry**, 2009, 37(12):1738-1742. (in Chinese)
- [17] Toni Llorente-Mirandes, Maria José Ruiz-Chancho, Mercedes Barbero, et al. Measurement of arsenic compounds in littoral zone algae from the Western Mediterranean Sea: Occurrence of arsenobetaine[J]. **Chemosphere**, 2010, 81(7):867-875.
- [18] 尚德荣, 宁劲松, 赵艳芳, 翟毓秀, 等. 高效液相色谱-氢化物发生原子荧光(HPLC-HG-AFS)联用技术检测海藻食品中无机砷[J]. 水产学报, 2010, 34(1):132-138.
SHANG De-rong, NING Jin-song, ZHAO Yan-fang, et al. Detection of inorganic arsenic in seaweed food using HPLC-HG-AFS[J]. **Journal of Fisheries of China**, 2010, 34(1):132-138. (in Chinese)
- [19] 孙建璋, 孙庆海. 海带(*Laminaria japonica* Aresch)含砷问题的探讨[J]. 现代渔业信息, 2004, 19(12):25-27.
SUN Jian-zhang, SUN Qing-hai. A discussion on problem of arsenic content in kelp, *Laminaria japonica* aresch[J]. **Modern Fisheries information**, 2004, 19(12):25-27. (in Chinese)
- [20] 范晓, 孙飏. 海藻中砷的化学形态及代谢机制[J]. 海洋科学, 1997(3):30-34.
FAN Xiao, SUN Biao. Studies on chemical forms and metabolic mechanism of arsenic in seaweeds[J]. **Marine Sciences**, 1997(3):30-34. (in Chinese)
- [21] 杨钊, 范莹, 迟少云, 等. 7 种藻类中总砷和无机砷含量的测定[J]. 中国海洋药物杂志, 2007, 26(2):43-46.
YANG Zhao, FAN Ying, CHI Sao-yun, et al. Determination of total arsenic and inorganic arsenic in seven kinds of algae[J]. **Chinese Journal of Marine Drugs**, 2007, 26(2):43-46. (in Chinese)
- [22] 李卫华, 刘玉海. 高效色谱-电感耦合等离子体质谱分析海藻类海产品中砷的形态[J]. 分析实验室, 2012, 31(8):74-78.

- LI Wei-hua, LIU Yu-hai. Analysis of arsenic speciation in algae by high performance chromatography coupled inductively coupled plasma-mass spectrometry[J]. **Chinese Journal of Analysis Laboratory**, 2012, 31(8): 74-78.
- [23] 韦超. 砷元素形态分析的方法研究及其在食品安全领域的应用[D]. 北京:清华大学, 2004: 39-40.
- [24] 高继庆. 海藻中形态砷的分析及受加工工艺影响的研究[D]. 青岛:中国海洋大学, 2008: 31-32.
- [25] Rehema Tukai, William A Maher, Ian J McNaught, et al. Ellwood. Measurement of arsenic species in marine macroalgae by microwave-assisted extraction and high performance liquid chromatography-inductively coupled plasma mass spectrometry[J]. **Analytica Chimica Acta**, 2002, 457: 173-185.
- [26] 李洁粒. 海带中砷铅含量超标的危害及原因是什么[J]. 质量报告专刊, 2006(1): 35.
- LI Jie-li. What are the hazards and reasons for the excessive content of arsenic and lead in kelp[J]. **Supervision and Choice**, 2006(1): 35. (in Chinese)
- [27] 余晶晶, 曹焯, 崔维刚, 等. 高效液相色谱-电感耦合等离子体质谱测定浒苔中砷及砷化学形态[J]. 食品科学, 2009, 30(16): 223-227.
- YU Jing-jing, CAO Xuan, CUI Wei-gang, et al. High performance liquid chromatography-inductively coupled plasma-mass spectrometry for the determination of arsenic content and speciation in enteromorpha[J]. **Food Science**, 2009, 30(16): 223-227. (in Chinese)
- [28] Zdenka Slejkovec, Emese Kapolna, Ildi Ipolyi, et al. Arsenosugars and other arsenic compounds in littoral zone algae from the Adriatic Sea[J]. **Chemosphere**, 2006, 63: 1098-1105.

科 技 信 息

科学家研究即食熟肉产品中李斯特菌风险评估过程时的不确定度

据 sciencedirect 数据库消息, 2013 年 2 月《国际食品微生物学》杂志刊登一项研究即食熟肉产品中李斯特菌风险评估过程中不确定度的文章, 描述了即食熟肉食品中李斯特菌污染风险评估模型在评估风险管理过程中的不确定度。

研究人员开发了一种即食熟肉制品中李斯特菌模型, 所应用的二阶蒙特卡罗模型经过一系列过程模拟单核细胞增生李斯特菌浓度, 这些过程包括: 食品加工企业、运输、零售、进入消费者家庭与消费。该模型将生长抑制剂的使用, 零售过程交叉污染等因素计算在内, 并通过粮农组织/世卫组织剂量响应模型来评估染病概率。

本次研究选择了一个适当保护水平 (Appropriate Level of Protection ALOP) 的风险剂量作为每年消耗的所有产品中每份产品的平均致病风险, 本模型作为实施定期监控加工企业中李斯特菌最大允许浓度 (cfu/g) 用以确定相应的性能指标 (PO) 风险度量。鉴于模型输入内容的不确定性, 本次研究估算了性能指标的不确定度。

[信息来源] 食品伙伴网. 科学家研究即食熟肉产品中李斯特菌风险评估过程时的不确定度 [EB/OL]. (2013-3-28). <http://www.foodmate.net/news/yujing/2013/03/227958.html>.

美国 FDA 就转基因标识发布声明

近来, 美国 FDA 收到咨询有关转基因食品标识的问题, 4 月 8 日美国 FDA 就转基因标识发布声明称, FDA 的作用是确保食品在其权限范围内满足适用的安全、标签和其他监管要求。食物来源于转基因植物必须和来源于传统的植物培育的食品一样满足同样的需求, 包括安全要求。

FDA 对“转基因标识”奉行自愿标注的原则, 然而产品标识必须真实且不能误导消费者。美国 FDA 认为, 转基因食品与传统食品一样, 符合安全要求。

[信息来源] U.S. Food and Drug Administration. Foods Derived from Genetically Engineered Plants [EB/OL]. (2013-4-8). <http://www.fda.gov/Food/FoodScienceResearch/Biotechnology/ucm346858.htm>.