

不同加工方式对南极磷虾各组分的影 响

徐 正^{1,2}, 赵宪勇², 尚德荣^{2*}, 翟毓秀², 赵艳芳², 盛晓风²

(1.大连海洋大学食品工程学院, 大连 116023; 2.中国水产科学研究院黄海水产研究所, 青岛 266071)

摘 要: **目的** 为获知不同加工条件对南极磷虾营养成分及其氟的迁移规律的影响。**方法** 实验采用水煮、油炸、烘烤等加工手段分析南极磷虾营养成分及其氟的迁移规律。**结果** 不同的加工处理过程会导致不同程度的破坏南极磷虾中营养成分含量, 其影响程度为油炸>水煮>水洗>烘烤。同时发现, 南极磷虾富含锶和硒, 含量分别为 39.14 mg/kg 和 9.83 mg/kg。另外, 南极磷虾中的氟经不同的加工处理会出现迁移, 经油炸或烘烤处理后会降低南极磷虾中氟含量。**结论** 以上研究为进一步高效利用和开发南极磷虾开拓了新的途径, 并为其产品研制和制定相关标准提供参考依据。

关键词: 南极磷虾; 组分; 加工方式; 氟

Effects of different processing methods on the Antarctic krill components

XU Zheng^{1,2}, ZHAO Xian-Yong², SHANG De-Rong^{2*}, ZHAI Yu-Xiu²,
ZHAO Yan-Fang², SHENG Xiao-Feng²

(1. Food Engineering College, Dalian Ocean University, Dalian 116023, China; 2. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese academy of fishery science, Qingdao 266071, China)

ABSTRACT: Objective To learn different processing conditions on the migration of Antarctic krill nutrients and fluorine. **Methods** We evaluated the nutritional quality of the Antarctic krill and its dissolution law of fluorine after boiling, frying, baking and other processing methods. **Results** The different processing methods will destroy nutrients content in Antarctic krill, The extent of influence sequence is going to baking>frying>boiling>washing. Moreover, the Antarctic krill was rich in strontium and selenium with its content 39.14 mg/kg and 9.83 mg/kg, respectively. Fluorine content in the different processing had different variations, and the frying and baking treatment can reduce the content of fluorine in the Antarctic krill. **Conclusion** This research explores a new way of the sustainable exploitation of Antarctic krill resources and provides a reference for the development of relevant standards.

KEY WORDS: Antarctic krill (*Euphausia superba*); component; processing; fluorine

1 引 言

南极磷虾(*Euphausia superba*) 隶属节肢动物门,

磷虾属, 是海洋中生物储备量最大的单种生物之一, 其资源储量可达数亿吨^[1]。南极磷虾营养丰富, 是人类赖以生存的后备蛋白库^[2-5]; 并富含人体所必需的

基金项目: 科技支撑计划项目(2013BAD13B03)、农业财政专项(2013)

Fund: Supported by Key Technology R&D Program of China (2013BAD13B03) and Fiscal Agriculture Special Funds (2013)

*通讯作者: 尚德荣, 高级工程师, 主要研究方向为水产品质量与安全。E-mail: shangdr@ysfri.ac.cn

*Corresponding author: SHANG De-Rong, Senior Engineer, Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese academy of fishery science.No.106, nanjing Road, Qingdao 266071, China . Email: shangdr@ysfri.ac.cn

氨基酸、不饱和脂肪酸、类胡萝卜素等^[6]。如何有效地开发利用南极磷虾资源已成为当今科研的重点和热点^[7]。由于南极磷虾具有富集氟的特性且对人体健康具有潜在的安全隐患,已成为制约南极磷虾综合加工利用的重要瓶颈^[8,9]。目前我国对南极磷虾的加工利用还尚未起步,本文通过对不同加工方式的南极磷虾中的营养成分及其元素含量的差异性分析,试图从食品营养学和化学角度探索南极磷虾精深加工的新途径,并为其产品研制和制定相关标准提供参考依据。

2 材料与方 法

2.1 实验样品

南极磷虾,2013年捕捞于南极海域,于-20℃冷冻保存。

2.2 仪器与材料

BP221S型电子分析天平(德国 Sartorius AG 公司);PHS-3C型数字酸度计(梅特勒-托利多(上海)有限公司);pF-1型雷磁离子氟离子选择电极(上海精密科学仪器有限公司);85-1型磁力搅拌器(上海沪西分析仪器厂有限公司);电感耦合等离子体质谱联用仪(美国 Perkin Elmer 公司);Optima5300D型全谱直读等离子体发射光谱仪(美国 Perkin Elme 公司);KjeltecTM230型蛋白质自动分析仪(瑞典 Foss 公司);SoxtecTM2055型脂肪测定仪(瑞典 Foss 公司);LNK-872型多功能快速消化炉(江苏省宜兴市科教仪器研究所);ZRD-A7080型电热恒温干燥箱(上海普城分析仪器厂);POSEIDON-R70型纯水系统(厦门锐思捷科学仪器有限公司);玻璃仪器使用前经15%硝酸浸泡24h。

2.3 实验试剂

总离子强度缓冲剂:将乙酸钠溶液(3 mol/L)和柠檬酸钠溶液(0.75 mol/L)等体积混合,临用时现配制;盐酸(1+11);氟标准溶液1000 μg/mL 购于国家标准物质研究中心;氟标准使用液浓度分别为1.0、10.0、100.0 μg/mL 用氟标准溶液稀释至相应浓度,临用时现配。盐酸(HCL)优级纯,浓硫酸(H₂SO₄)优级纯;硝酸(HNO₃)优级纯;高氯酸(HClO₄)优级纯。

本方法所用水均为二级水,试剂为优级纯或分析纯。

2.4 实验方法

2.4.1 南极磷虾样品制备

在南极磷虾半解冻状态下,迅速将头胸部分解并剥离虾壳,收集不同部位,备用。整虾解冻后,快速沥水,样品匀浆后备用。

2.4.2 南极磷虾加工方法

水洗:将解冻后的磷虾迅速沥水,称取50 g,用200 mL 水分三次洗涤,取出水洗虾沥干并收集洗虾水,备用。

水煮:将解冻后的磷虾迅速沥水,称取50 g,置于100 mL 水中,沸水煮5 min 后,取出,沥干、粉碎备用。

油炸:将解冻后的磷虾迅速沥水,称取50 g,置于150℃油中炸2 min,取出,沥干、粉碎备用。

烘烤:将解冻后的磷虾迅速沥水,称取50 g,在130±5℃条件下烘烤1 h,粉碎备用。

2.4.3 营养成分测定

水分的测定按照 GB 5009.3—2010 食品安全国家标准 食品中水分的测定方法^[10];蛋白质的测定按照 GB 5009.5—2010 食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定方法^[11];脂肪的测定按照 GB/T5009.6—2003 食品卫生检测方法 食品中脂肪的测定方法^[12];灰分的测定按照 GB 5009.4—2010 食品安全国家标准 食品中灰分的测定方法^[13]。

2.4.4 元素测定

样品采用湿法消化法处理:称取虾粉0.500 g、湿样2.000 g 于100 mL 消化管中,分别加入10 mL HNO₃、1.0 mL H₂SO₄ 浸泡,置多功能快速消化炉中加热消化,待消化完全(冒 H₂SO₄ 白烟,消化液呈无色或白色,体积约1~2 mL),冷却至室温,用水定容至刻度。电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)^[14]测定南极磷虾中元素磷(P)、钙(Ca)、镁(Mg)、硒(Se)、锶(Sr)、铁(Fe)、铝(Al)、铜(Cu)、锌(Zn)、锡(Sn)、锰(Mn)、砷(As)、铬(Cr)、镉(Cd)、铅(Pb)的含量。

2.4.5 氟含量测定

参照 GB/T 5009.18 - 2003《食品中氟的测定》^[15]的改进方法^[16],将氟离子选择电极法的线性范围延伸至0.2~10.0 μg/mL 测定。

3 结果与讨论

3.1 营养成分

南极磷虾中的水分含量为77.69%,灰分4.04%,

其蛋白和脂肪含量分别为 58.81% 和 16.63%。其中可食部分(虾肉)的蛋白、脂肪含量分别为 73.53%、7.68%, 与山东烟台海捕虾的蛋白、脂肪含量^[17]相比高出 17.4% 和 56.6%。由此可见, 南极磷虾是一种蛋白和脂肪含量极高的生物资源。另外, 通过对不同加工方式处理过的南极磷虾的营养成分分析发现: 经水煮加工后的虾和虾肉分别会有 15.35% 和 10.78% 的蛋白流失; 油炸后的虾会有 22.44% 蛋白流失; 经烘烤加工处理的虾仅有 2.92% 的蛋白损失。由以上结果表明: 油炸加工对其蛋白的损失最大, 而烘烤加工对其蛋白的影响相对较低。同时发现经水煮加工后的虾脂肪损失相对最大, 流失率为 36.01%, 实验结果详见表 1。

3.2 元素含量

对南极磷虾中的元素进行了较为全面的摸底分析, 实验采用 ICP-MS 测定了南极磷虾中 P、Ca、Mg、Se、Sr、Fe、Al、Cu、Zn、Sn、Mn、As、Cr、Cd、Pb 的含量, 结果详见表 2。通过分析发现: 南极磷虾中的元素含量丰富, 特别是对人体有益且稀缺的 Sr 和

Se 的含量较高(含量分别为 39.14 mg/kg 和 9.83 mg/kg), 其中 Se 含量为其他海捕虾含量^[18]的 2~5 倍。

表 1 不同处理的南极磷虾脂肪、蛋白含量(干重, $n=3$)
Table 1 Nutritional components of Antarctic krill (dry weight, $n=3$)

样品 sample	水分 moisture	蛋白 protein	脂肪 fat
鲜虾 fresh krill	77.69±1.32	58.81±0.53	16.63±0.97
水洗虾 washed kill	80.34±1.10	52.44±1.07	15.56±0.89
水煮虾 boiled kill	75.29±2.05	49.78±0.72	10.64±0.91
油炸虾 fried kill	68.43±1.71	45.61±0.40	33.26±1.05
烘烤虾 grilled kill	2.14±0.87	57.09±0.38	15.15±0.54
生虾肉 fresh krill meat	76.16±1.27	73.53±0.87	7.68±0.79
熟虾肉 boiled krill meat	70.58±1.82	65.60±0.57	6.19±0.33

表 2 南极磷虾中的元素含量(mg/kg)
Table 2 Elements content in Antarctic krill (mg/kg)

元素 element	鲜虾 fresh krill	虾头 krill head	虾壳 krill shell	虾肉 krill meat	熟虾肉 boiled krill meat	熟虾 boiled krill	水洗虾 washed krill	油炸虾 fried krill	烘烤虾 grilled krill
P	10746	14419	17919	9840	12132	14469	87166	42850	52499
Ca	1977.6	2860.	3389.2	1122.8	1792.1	2670	1757.7	7269.0	9720.4
Mg	711.5	923.3	1143.2	759.1	1046.8	997.2	697.6	432.7	3372.9
Sr	39.14	55.73	68.85	19.77	29.79	54.82	38.05	140.66	192.84
Fe	18.41	27.82	21.76	10.55	15.34	27.94	16.33	62.24	94.53
Al	11.76	20.01	7.88	5.58	10.13	19.38	9.32	35.25	65.22
Cu	13.13	19.05	13.58	7.74	10.23	14.09	4.36	28.56	55.88
Zn	11.44	14.18	14.36	14.78	22.51	17.32	8.23	38.10	50.49
Se	9.83	14.22	11.68	10.55	6.25	6.18	0.67	3.37	49.63
Sn	15.01	22.67	8.11	8.36	13.67	10.85	22.58	42.47	14.72
Mn	0.91	1.42	0.98	0.44	0.63	1.53	0.84	2.37	4.03
As	1.24	1.82	1.23	1.06	0.75	0.72	0.56	4.20	6.48
Cr	0.70	0.37	0.36	0.37	0.55	0.80	0.69	0.74	1.57
Cd	0.06	0.10	0.05	0.04	0.06	0.06	0.02	0.11	0.27
Pb	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.06	0.05

3.3 氟含量

3.3.1 标准曲线的绘制(标准系列的 $\lg C_{F^-}$ 与电极电位的线性关系)

以氟离子浓度对数($\lg C_{F^-}$)为横坐标,以电极电位(mV)为纵坐标,得到一条浓度范围分别为 0.2~10 $\mu\text{g/ml}$ 的标准曲线,如图 1 所示。

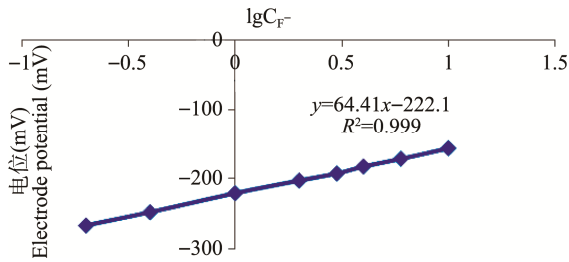


图 1 氟标准曲线

Fig. 1 The standard curve of fluorine

3.3.2 南极磷虾不同部位的氟含量

表 3 为南极磷虾不同部位的氟含量及其比例,通过分析发现:南极磷虾各部位中氟含量的分布差异性很大,虾壳(包括甲壳和尾足)含量最高,其次是头胸部,虾肉中的氟含量很少。南极磷虾各部位的重量分布与其氟含量的分布特征正好相反,其氟主要存在于虾壳,这与其他学者研究的结果一致^[19-22]。实验测得虾壳中的氟含量达 623.30 mg/kg (湿重),占到虾中氟含量的 67.81%。

表 3 南极磷虾不同部位的氟含量

Table 3 Determination of fluorine contents about Antarctic krill in different part

样品部位 krill parts	重量百分比(%) weight percentage (%)	氟含量(mg/kg , 湿重) Contents (mg/kg , wet weight)	氟含量百分比(%) contents percentage (%)
头胸部 kill head	35.94	425.74	26.92
虾壳 kill shell	20.89	623.30	67.81
虾肉 kill meat	43.17	102.68	5.41

3.3.3 加工方式对南极磷虾中氟含量的影响

南极磷虾中的氟在加工过程中可发生迁移,实验以鲜虾为对照,通过分析发现:经水洗、水煮、油炸和烘烤后虾中氟含量有所变化,表 4 为不同加工处理后的南极磷虾氟含量情况。实验结果显示:经过水

洗和水煮后的氟含量增加,特别是虾肉煮熟后其氟含量较之前明显增加,经检测煮虾水中也含有一定量的氟,这说明南极磷虾中的氟在加工过程中发生了迁移转化。同时发现南极磷虾经油炸和烘烤后其氟含量有所降低。

表 4 不同加工处理后的氟含量(mg/kg , 干重)

Table 4 Fluorine contents of Euphausia superba in different process(mg/kg , dry weight)

样品 sample	含量 content
鲜虾 fresh krill	1382.74
水洗虾 washed kill	1387.69
水煮虾 boiled kill	1509.92
油炸虾 fried kill	1150.08
烘烤虾 grilled kill	1352.13
生虾肉 fresh krill meat	430.70
熟虾肉 boiled krill meat	486.98
洗虾水 wash shrimp water	38.53
煮虾肉水 the water boiled shrimp meat	12.27
煮鲜虾水 the water boiled shrimp	19.13

4 结论

研究表明:南极磷虾营养成分含量丰富,蛋白质和脂肪含量高达 58.79%和 16.64%,此外,南极磷虾中含有人体必需元素丰富,特别是对人体具有保健作用的 Sr 和 Se 含量较高。不同加工方式对南极磷虾营养成分会有不同程度的影响:油炸加工对其蛋白的损失最大,而烘烤加工对其蛋白的影响相对较低。同时发现经水煮加工后的南极磷虾脂肪损失相对最大。同时发现:南极磷虾中的氟在加工过程中可发生迁移,特别是虾肉煮熟后其氟含量较之前明显增加,而经烘烤加工处理后的南极磷虾氟的含量会有所降低。以上研究为进一步高效利用和开发南极磷虾提供参考依据。

参考文献

- [1] 李显森,左涛,赵宪勇,等. 南极磷虾商业捕捞动态[J]. 齐鲁渔业, 2010, 27(1): 8-11.
- Li XS, Zuo T, Zhao XY, et al. Antarctic Krill (Euphausia superba) Fishery: Recent Fishing Situation[J]. Shandong Fisheries, 2010,

- 27(1): 8–11 .
- [2] Soevik T, Braekkan OR. Fluoride in Antarctic krill (*Euphausia superba*) and Atlantic krill (*Meganyctiphanes norvegica*) [J]. J Fisheries Board Canada, 1979, 36(11): 1414–1416.
- [3] 相建海. 南极磷虾和氟 [J]. 海洋科学, 1985, 9(3): 57–59.
Xiang JH. Antarctic krill and fluoride [J]. Marine Sci, 1985, 9(3): 57–59.
- [4] Tou JC, Jaczynski J, Chen YC. Krill for human consumption: Nutritional value and potential health benefits[J]. Nutrition Rev, 2007, 65(2): 63–77.
- [5] 孙雷, 周德庆, 盛晓风. 南极磷虾营养评价与安全性研究 [J]. 海洋水产研究, 2008, 29(6): 57–64.
Sun L, Zhou DQ, Sheng XF. Nutrition and safety evaluation of Antarctic krill [J]. Marine Fisheries Res, 2008, 29(6): 57–64.
- [6] Yoshitomi B. Utilization of antarctic krill for food and feed [J]. Food Chem, 2004, 43(2): 45–49.
- [7] 陈雪忠, 徐兆礼, 黄洪亮. 南极磷虾资源利用现状与中国的开发策略分析 [J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 451–458 .
Chen XZ, Xu ZL, Huang HL. Development strategy on Antarctic krill resource utilization in China [J]. Chin Fisheries Sci, 2009, 16(3): 451–458 .
- [8] Bunji Y, Ichiro N. Effect of dietary fluoridederived from Antarctic kri(*Euphausia superba*) meal on growth of yellowtail(*Seriola quinqueradiata*) [J]. Chemosphere, 2012, 86(9): 891–897.
- [9] 朱兰兰, 赵晓军, 周德庆, 等. 南极磷虾中氟的研究进展 [J]. 农产品加工(学刊), 2012, 22(3): 24–25.
Zhu LL, Zhao XJ, Zhou DX, *et al.* Research Advances of Fluoride in Antarctic krill[J]. Processing Agric Products(J) , 2012, 22(3): 24–25.
- [10] GB 5009.5-2010 食品中水分的测定方法[S].
GB 5009.5-2010 Method for determination of moisture in foods[S].
- [11] GB 5009.3-2010 食品中蛋白质的测定方法[S].
GB 5009.3-2010 Method for determination of protein in foods[S].
- [12] GB /T5009.6-2003 食品中脂肪的测定方法[S].
GB /T5009.6-2003 Method for determination of fat in foods[S].
- [13] GB 5009.4-2010 食品中灰分的测定方法[S].
GB 5009.4-2010 Method for determination of ash in foods[S].
- [14] 王硕, 张佳, 马晓星, 等. ICP-MS 法测定海产品中 12 种金属元素的含量 [J]. 中国食品学报, 2011(6): 204–207.
Wang S, Zhang J, Ma XX, *et al.* Determination of the Contents of 12 Metallic Elements in Seafood by ICP-MS [J]. China Food J, 2011, (6): 204–207.
- [15] GB/T 5009.18 - 2003 食品中氟的测定 [S].
GB/T 5009.18 - 2003 Determination of fluorine in foods [S].
- [16] 盛晓风, 郭莹莹, 尚德荣, 等. 离子选择电极法测定高氟样品中氟的方法改进 [J]. 食品工业科技, 2013, 34(9): 285–289.
Sheng XF, Guo YY, Shang DR, *et al.* Improvement of fluorine - ion selective electrode method for determination of fluorine in high fluoride samples[J]. Sci Technol Food Ind, 2013, 34(9): 285–289.
- [17] 王光亚. 食物成分表: 全国代表值 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1992.
Wang GY. Tables of food composition: national representative value [M]. Beijing: People's Medical Publishing House, 1992.
- [18] 朱元元, 尹雪斌, 周守标. 南极磷虾硒及矿质营养的初步研究 [J]. 极地研究, 2010, 22(2): 135–140.
Zhu LL, Yin XB, Zhou SB. A preliminary study of selenium and mineral elements in antarctic krill A preliminary study of selenium and mineral elements in Antarctic krill[J]. Polar Res, 2010, 22(2): 135–140.
- [19] 潘建明, 张海生, 刘小涯. 南大洋磷虾富氟机制 氟的化学赋存形态研究 [J]. 海洋学报, 2000, 22(2): 58–64.
Pan JM, Zhang HS, Liu XY. The fluorine enrichment mechanics of Antarctic krill I. The fluorine chemical formation[J]. J Oceanogr, 2000, 22(2): 58–64.
- [20] Commission for the conservation of Antarctic marine living resources. Report of the eleventh meeting of the commission [R]. Australia, 2004.
- [21] Sands M, Nicol S, McMinn A. Fluoride in Antarctic marine crustaceans [J]. Marine Bio, 1998, 132(4): 591–598.
- [22] 朱兰兰, 赵彦玲, 赵晓君, 等. 南极磷虾中氟含量的调查分析 [J]. 食品工业科技, 2012, 33(24): 55–57.
Zhu LL, Zhao YL, Zhao XJ, *et al.* Investigation and analysis of the fluoride content in *Euphausia superba*[J]. Sci Technol Food Ind, 2012, 33(24): 55–57.

(责任编辑: 邓伟)

作者简介



徐 正, 女, 硕士研究生, 主要研究方向为食品营养与安全。
E-mail: zheng-x@foxmail.com



尚德荣, 高级工程师, 主要研究方向为水产品质量与安全。
E-mail: shangdr@ysfri.ac.cn