

船上加工鱿鱼熟片的品质特性

罗春艳¹, 杨嘉梁¹, 修 策¹, 陈小娥^{1,2}, 孙海燕¹, 袁高峰¹, 方旭波^{1,2,*}, 江旭华³
(1. 浙江海洋大学食品与医药学院, 浙江 舟山 316022; 2. 浙江省水产品加工技术研究联合重点实验室, 浙江 舟山 316022; 3. 浙江富丹旅游食品有限公司, 浙江 舟山 316104)

摘 要: 目的: 研究船上加工秘鲁鱿鱼熟片的品质特性, 对比船上加工、岸上加工对秘鲁鱿鱼熟片品质特性的影响。方法: 利用扫描电子显微镜及苏木精-伊红染色观察其微观结构变化; 十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺凝胶电泳(sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis, SDS-PAGE)分析蛋白组成变化情况; 通过测定蛋白疏水性、巯基和羰基含量分析肌肉蛋白氧化变性程度; 利用质构仪分析质构特性; 检测鱼片中挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)含量、甲醛含量及pH值, 并对其进行感官评价。结果: SDS-PAGE结果显示船上加工秘鲁鱿鱼熟片与鱿鱼原料的蛋白条带基本吻合, 没有明显的条带产生或消失, 全质构分析发现两者在硬度和弹性指标方面不存在显著差异($P>0.05$); 与岸上加工鱿鱼熟片相比, 船上加工鱿鱼熟片肌原纤维结构破坏少, 表面疏水性低, 溴酚蓝结合量为25.22 μg , 蛋白质变性少, 巯基含量为38.98 nmol/mg pro, 氧化程度低, 羰基含量为0.92 nmol/mg pro; 感官评价显示船上加工鱿鱼熟片色泽白皙、较有光泽, 具有浓郁的鱿鱼香味, 总体接受度高达9.78分。结论: 船上加工秘鲁鱿鱼熟片肌肉组织坚实富有弹性, 蛋白损失少, TVB-N含量为29.25 mg/100 g, 符合GB 2733—2005《鲜、冻动物性水产品卫生标准》, 总体品质比岸上加工鱿鱼熟片好, 适于二次加工利用。

关键词: 秘鲁鱿鱼; 船上加工; 肌肉组织结构; 质构特性; 鲜度指标

Quality Characteristics and Microstructure of Cooked Slices of on-Board Processed Squid

LUO Chunyan¹, YANG Jialiang¹, XIU Ce¹, CHEN Xiao'e^{1,2}, SUN Haiyan¹, YUAN Gaofeng¹, FANG Xubo^{1,2,*}, JIANG Xuhua³
(1. School of Food and Pharmacy, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China;
2. Joint Key Laboratory of Zhejiang Province for the Research of Fishery Processing Technology, Zhoushan 316022, China;
3. Zhejiang Fudan Tourism Food Co. Ltd., Zhoushan 316104, China)

Abstract: Objective: The aim of the present study was to investigate the quality characteristics of cooked squid (*Dosidicus gigas*) and to compare the effects of on-board processing and on-shore processing on the quality and texture of cooked squid. Methods: The microstructure change of squid was observed by using scanning electron microscopy and hematoxylin eosin staining. The changes in the protein composition of squid were analyzed by sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis (SDS-PAGE). Protein hydrophobicity and the contents of thiol and carbonyl groups were determined to analyze the degree of protein denaturation in squid muscle. The texture of squid was analyzed by a texture analyzer. Then total volatile basic nitrogen and formaldehyde contents, pH and sensory evaluation were determined. Results: SDS-PAGE showed that the protein profile of cooked squid slices was basically identical to that of the raw materials. There was no significant difference in hardness or elasticity parameters between both samples ($P > 0.05$). The myofibrillar structure of on-board processed squid slices was less damaged than that of the on-shore processed ones. The surface hydrophobicity (25.22 μg of bromophenol blue bound), protein denaturation (38.98 nmol/mg pro sulfhydryl group content) and degree of oxidization (0.92 nmol/mg pro carbonyl group content) in on-board processed squid slices were significantly lower than those in the on-shore processed ones. Sensory evaluation indicated that on-board cooked squid slices were white, shiny and rich in squid flavor. Furthermore, the squid muscle was solid and flexible, and the overall acceptance score was up to 9.78 points. Conclusion: Cooked slices of on-board processed squid had good quality. The TVB-N content was 29.25 mg/100 g, which can meet the requirements of the national standard GB 2733—2005. The muscle tissue and protein composition of on-board processed squid were rarely damaged, making it suitable for further processing.

收稿日期: 2016-06-06

基金项目: 浙江省科技计划项目(2015C31106); 舟山市科技计划项目(2016C4102)

作者简介: 罗春艳(1993—), 女, 硕士研究生, 研究方向为食品加工与安全。E-mail: 992351360@qq.com

*通信作者: 方旭波(1972—), 男, 教授, 博士, 研究方向为海洋生物资源综合利用。E-mail: fxb70@163.com

Key words: *Dosidicus gigas*; on-board processing; structure of muscular tissue; textural properties; freshness index

DOI:10.7506/spkx1002-6630-201711030

中图分类号: TS254.4

文献标志码: A

文章编号: 1002-6630 (2017) 11-0190-06

引文格式:

罗春艳, 杨嘉梁, 修策, 等. 船上加工鱿鱼熟片的品质特性[J]. 食品科学, 2017, 38(11): 190-195. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201711030. <http://www.spkx.net.cn>

LUO Chunyan, YANG Jialiang, XIU Ce, et al. Quality characteristics and microstructure of cooked slices of on-board processed squid[J]. Food Science, 2017, 38(11): 190-195. (in Chinese with English abstract) DOI:10.7506/spkx1002-6630-201711030. <http://www.spkx.net.cn>

远洋鱿钓渔业是我国远洋渔业的重要组成部分, 目前已是我国捕捞产量最高的产业之一^[1]。但是, 受实际船上捕捞和生产条件的限制, 我国现有的南太平洋远洋鱿钓作业模式基本采用远洋捕捞作业→冷冻→运回国内二次加工的初级加工模式, 其中大规格的秘鲁鱿鱼 (*Dosidicus gigas*) 捕捞后在船上被切割成鱿鱼胴体生片、鱿鱼头、鱿鱼尾鳍, 直接冷冻, 然后由运输船运回国内, 鱿鱼生片经过解冻、蒸煮等工序后, 再加工成鱿鱼丝、手撕鱿鱼片等产品。由于长距离远洋运输途中冷库温度波动等原因, 再加上南太平洋鱿鱼水分高、冰晶变化对鱿鱼的鲜度和品质产生负面效应, 致使冷冻秘鲁鱿鱼生片加工成的鱿鱼丝等产品不易拉丝, 因此, 部分国内企业从秘鲁进口半成品鱿鱼熟片来代替国内船冻生片。以上因素严重制约了大规格的南太平洋鱿鱼原料在国内市场的加工、销售, 影响了远洋鱿钓的效益。

国内外学者虽然对鱿鱼的特性作了一些基础研究, 如Yue Jin等^[2]研究了高静水压力对鱿鱼肌肉非挥发性和挥发性化合物的影响; Juan等^[3]研究表明酸处理技术可提高鱿鱼鱼糜产量和凝胶形成能力; 李艳萍等^[4]研究了鱿鱼丝制品的质构及鲜度指标在加工过程中的动态变化; 吴帅帅等^[5]研究表明真空包装鱿鱼丝制品结合甲醛抑制剂对其品质的影响; 邹朝阳等^[6]研究了秘鲁鱿鱼丝贮藏过程中甲醛及相关品质指标的变化情况。但针对鱿鱼生片加工解冻损失率高、鲜度差、加工鱿鱼丝产品不易拉丝等问题而开展的研究报道较少。本课题组结合国内远洋鱿钓产业的实际需要, 设计秘鲁鱿鱼船上蒸煮滚桶设备, 建立了秘鲁鱿鱼生片的船上自动蒸煮工艺^[7]。在此基础上, 本实验对船上加工鱿鱼熟片的结构与岸上加工鱿鱼熟片进行比较和分析, 为国内加工鱿鱼丝等产品提供理论依据和新的研发方向。

本实验以秘鲁鱿鱼为研究对象, 通过扫描电子显微镜、苏木精-伊红 (hematoxylin-eosin, HE) 染色、十二烷基硫酸钠-聚丙烯酰胺凝胶电泳 (sodium dodecyl sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis, SDS-PAGE) 等方法进行蛋白疏水性、巯基含量、羰基含量、质构特性、鲜度等指标的测定及感官评定, 从宏观结构到微观

结构对比船上加工鱿鱼熟片和岸上加工鱿鱼熟片的区别, 期望对其产业化生产和推广应用起到指导作用。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

秘鲁鱿鱼 (以下简称鱿鱼) 原料及船上加工鱿鱼熟片, 由舟山市海利远洋渔业有限公司提供。实验室处理方式: 冷冻鱿鱼原料和船上加工鱿鱼熟片在 $\leq 15^{\circ}\text{C}$ 的温度条件下流水解冻。岸上加工鱿鱼熟片, 由浙江省水产品加工技术研究联合重点实验室自制, 将冷冻鱿鱼在小于等于 15°C 的温度条件下流水解冻, 当原料处于半解冻状态时, 解剖, 除内脏、头等其他不可食部分, 并在温度 $80\sim 90^{\circ}\text{C}$ 的蒸煮滚桶中蒸煮 $8\sim 10\text{ min}$, 通过冰水进行冷却, 从而制成岸上加工鱿鱼熟片。

所用化学试剂均为分析纯 国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

YD-202型轮转式切片机 金华市益迪医疗设备有限公司; CX 31型三目显微镜 日本奥林巴斯公司; K 8400型凯氏定氮仪 瑞典特卡托公司; 雷磁ZD-2精密数显pH计 上海仪电科学仪器股份有限公司; TMS-Pro型质构仪 美国FTC公司。

1.3 方法

1.3.1 基本成分的测定

水分含量的测定按照GB 5009.3—2010《食品中水分的测定》^[8]中直接干燥法进行测定; 蛋白质含量的测定按照GB 5009.5—2010《食品中蛋白质的测定》^[9]中凯氏定氮法进行测定; 粗脂肪含量的测定按照GB/T 14772—2008《食品中粗脂肪的测定》^[10]中索氏抽提法进行测定; 灰分含量的测定按照GB 5009.4—2010《食品中灰分的测定》^[11]中高温灼烧法进行测定。

1.3.2 扫描电子显微镜观察

将经过不同加工方法获得的鱿鱼熟片, 切成长宽均为 0.5 cm 的肌肉组织, 按照郭恒^[12]、Gómez-Guillén^[13]等的方法, 采用扫描电子显微镜观察鱿鱼肌肉组织横切面和纵切面的微观结构。

1.3.3 HE染色观察

将鱿鱼熟片切成长宽高均为0.2 cm的肌肉组织, 根据罗春艳等^[14]的方法, 10%中性福尔马林溶液固定进行石蜡组织切片, 再依据Nuria等^[15]的方法进行HE染色及显微镜微观结构的观察。

1.3.4 SDS-PAGE检测

将鱿鱼熟片研磨打碎, 进行SDS-PAGE分析鉴定, 按照Chi Changfeng等^[16]的方法略作修改, 采用10%分离胶、5%浓缩胶, 考马斯亮蓝R-250染色液染色。

1.3.5 肌肉蛋白氧化变性程度检测

1.3.5.1 肌原纤维蛋白的提取

参考陆玉芹等^[17]的方法, 制备肌原纤维蛋白提取物, 将肌原纤维蛋白溶液稀释至2 mg/mL及5 mg/mL待用。

1.3.5.2 蛋白疏水性的测定

蛋白质的疏水性是影响蛋白质加工的重要性质, 它反映了蛋白质分子表面疏水性氨基酸的相对含量, 可以用来检测蛋白质的变性程度, 以溴酚蓝可结合的最终暴露于埋藏于蛋白质构象内部的疏水性氨基酸残基的量表示。按照Chelch等^[18]的方法, 测定不同加工方法的鱿鱼熟片肌原纤维蛋白的蛋白质疏水性。取1 mL 5 mg/mL样品蛋白溶液, 加入0.2 mL 1 mg/mL溴酚蓝溶液, pH 7.0的1 mL磷酸盐缓冲溶液中加入0.2 mL 1 mg/mL的溴酚蓝溶液作为空白组。实验组和空白组均在室温条件下静置10 min, 并在4 500 r/min条件下离心15 min后取上清液, 稀释10倍, 595 nm波长处测吸光度。通过溴酚蓝结合量表示表面疏水性, 计算公式如式(1)。

$$\text{溴酚蓝结合量}/\mu\text{g} = \frac{200 \times (A_{\text{空白}} - A_{\text{样品}})}{A_{\text{空白}}} \quad (1)$$

1.3.5.3 巯基含量的测定

巯基对氧化反应比较敏感, 巯基含量的变化程度可显示出蛋白质的变性程度。按照Koutina等^[19]的方法, 取0.1 g样品肌原纤维蛋白提取物溶于10 mL 0.1 mol/L Tris缓冲液(pH 8.0、质量分数5% SDS), 混匀, 置于80 °C水浴锅中水浴2 h, 4 500 r/min离心15 min。取0.5 mL悬浮液, 加2 mL 5% SDS/Tris缓冲溶液, 混匀, 在412 nm波长处测吸光度, 记录为 A_1 。再分别加入0.5 mL 10 mmol/L 5,5'-二硫代双(2-硝基苯甲酸)(5,5'-dithiobis-(2-nitrobenzoic acid), DTNB)和0.5 mL的蒸馏水溶于上述缓冲液, 混合均匀后避光反应30 min, 在412 nm波长处测定吸光度, 分别记录为 A_2 和 $A_{\text{空白}}$ 。样品在412 nm波长处吸光度如式(2)所示。

$$A = A_2 - A_1 - A_{\text{空白}} \quad (2)$$

其中, 摩尔吸光系数为13 600 L/(mol·cm)。用每毫克蛋白质中巯基的物质的量(nmol)来表示巯基的含量。

1.3.5.4 羰基含量的测定

肌原纤维蛋白中羰基的含量是衡量肉制品中蛋白质被氧化程度的有力指标。在蛋白质氧化过程中, 羰基含量越大, 说明肉制品中的蛋白质被氧化的程度越大。按照Oliver等^[20]的方法, 取1 mL 2 mg/mL肌原纤维蛋白溶液, 加1 mL 10 mmol/L 2,4-二硝基苯肼(2,4-dinitrophenylhydrazine, DNPH), 加1 mL 2 mol/L HCl作为空白对照。37 °C水浴锅中水浴1 h(每15 min漩涡振荡一次), 加1 mL 20%三氯乙酸(trichloroacetic acid, TCA), 振荡30 s, 冰浴10 min, 在4 500 r/min条件下离心15 min, 用1 mL乙醇-乙酸乙酯(1:1, V/V)洗沉淀3次, 除去未反应的试剂, 加入3 mL 6 mol/L盐酸胍溶液溶解洗涤沉淀, 37 °C水浴30 min, 4 500 r/min离心15 min除去沉淀, 取上清液, 在370 nm波长处测定吸光度。其中摩尔吸光系数为22 000 L/(mol·cm), 用每毫克蛋白质中羰基的物质的量(nmol)来表示羰基含量。

1.3.6 全质构分析

根据余力等^[21]的方法, 稍加修改, 将鱿鱼切成长宽高均为1.5 cm的鱿鱼肌肉组织, 采用TPA(texture profile analysis)模式进行测定, 每组样品测10次。

1.3.7 指标的测定

总挥发性盐基氮(total volatile basic nitrogen, TVB-N)与动物性食品腐败程度有关, 是水产品鲜度指标评价方法之一^[22], 其含量按照SC/T 3032—2007《水产品中挥发性盐基氮的测定》^[23]进行测定; 甲醛含量按照SC/T 3025—2006《水产品中甲醛的测定》^[24]中分光光度计法进行测定; pH值按照GB/T 9695.5—2008《肉与肉制品pH测定》^[25]进行测定。

1.3.8 感官评价

参考郭利平等^[26]的方法, 略作改动, 感官评定小组由10名经过训练的评定员组成, 分别从色泽、气味、组织弹性、总体可接受度等4个方面进行感官评价。感官评价标准见表1。

表1 鱿鱼熟片的感官评价标准
Table 1 Criteria for sensory evaluation of cooked squid slices

分数	色泽	气味	组织弹性	总体可接受度
10	色泽白皙、有明显光泽	有浓郁的鱿鱼味	坚实富有弹性, 手指压后凹陷快速消失	接受
6	色泽白皙、较有光泽	鱿鱼味较淡	较有弹性, 手指压后凹陷消失缓慢	可接受
2	色泽灰红、无光泽	鱼腥味较重	无弹性, 手指压后凹陷不消失	难接受

1.4 数据处理

采用Origin Pro 8.5软件绘图, 应用SPSS 17.0软件进行数据分析, 采用Turkey法检验差异显著性, 显著性水平为 $\alpha=0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 鱿鱼的基本成分

表2 鱿鱼的基本成分 (以鲜质量计)

Table 2 Basic nutrients of raw squid (on a fresh weight basis, m_1)

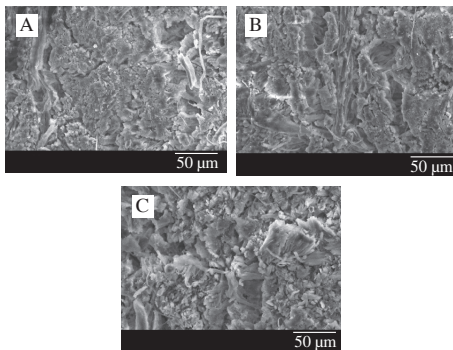
样品	水分含量	灰分含量	蛋白质含量	脂肪含量
新鲜鱿鱼	83.72 ± 0.04^a	1.41 ± 0.04^a	13.67 ± 0.05^a	0.85 ± 0.06^a
船上加工鱿鱼熟片	73.65 ± 0.04^b	2.13 ± 0.04^b	21.63 ± 0.04^b	1.94 ± 0.06^b
岸上加工鱿鱼熟片	71.21 ± 0.07^c	2.31 ± 0.06^c	23.21 ± 0.08^c	2.18 ± 0.04^c

注: 同列肩标小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。下同。

从表2可看出, 船上加工鱿鱼熟片比新鲜鱿鱼的水分含量降低了10%左右, 即通过船上蒸煮工序降低了鱿鱼片的水分, 从而在一定程度上降低了远洋运输成本, 同时不同加工方法下的鱿鱼熟片各组分之间存在显著性差异 ($P < 0.05$)。通过分析各组成成分可以发现新鲜鱿鱼蛋白质含量占其干质量的83.97%左右, 不同加工方法的鱿鱼蛋白含量平均约占其干质量的81%, 说明鱿鱼是一种高蛋白、低脂肪, 营养价值极高的海洋食品原料, 可用于开发系列鱿鱼新产品。

2.2 扫描电子显微镜观察结果

2.2.1 鱿鱼的横向切面观察



A. 新鲜鱿鱼; B. 船上加工鱿鱼熟片; C. 岸上加工鱿鱼熟片。图2、3同。

图1 鱿鱼不同加工方法横向切面超微结构 ($\times 500$)

Fig. 1 Transverse cross-sectional ultrastructure of fresh and processed squid ($\times 500$)

分别对原料及不同加工方法的鱿鱼肌肉组织横向切面进行扫描电子显微镜观察, 从图1可看出, 新鲜鱿鱼组织几乎没有明显的破断口或裂缝; 船上加工鱿鱼熟片, 在扫描电子显微镜的观察下可以发现少许的破断口和裂缝; 相比之下, 岸上加工鱿鱼熟片的肌肉组织破坏比原料及船上加工更严重, 从图中还可看出有显著的破断口和裂缝, 且肌肉组织变得模糊不清, 肌束之间的裂缝相对较多、较杂乱。以上结果表明, 船上加工鱿鱼熟片的横向切面超微结构更接近新鲜鱿鱼, 对鱿鱼横向肌肉组织的破坏较少。

2.2.2 鱿鱼的纵向切面

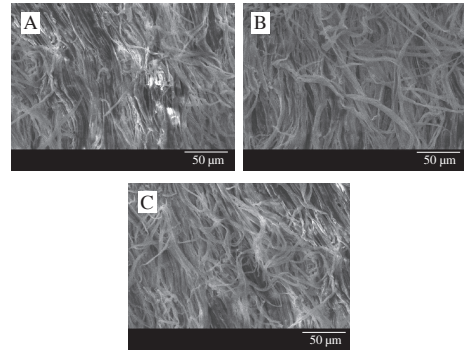


图2 鱿鱼不同加工方法纵向切面超微结构 ($\times 500$)

Fig. 2 Longitudinal cross-sectional ultrastructure of fresh and processed squid ($\times 500$)

分别对新鲜鱿鱼及不同加工方法下鱿鱼肌肉组织的纵向切面进行了扫描电子显微镜超微结构观察, 发现鱿鱼肉纵向切面根据加工方式的不同, 肌肉组织破坏程度各不相同, 由图2可以观察到扫描电子显微镜下的新鲜鱿鱼肌肉组织没有明显的破坏痕迹, 肌原纤维成大小均一、排列整齐, 保持了原料的肌肉组织特性; 船上加工鱿鱼熟片, 肌肉组织有少许破坏, 但肌原纤维大小均一、排列较杂乱; 岸上加工鱿鱼熟片肌肉组织破坏程度较大, 与新鲜鱿鱼和船上加工鱿鱼熟片相比, 肌原纤维虽大小均一成丝状排列, 但却杂乱无章, 肌原纤维之间出现明显的空隙。

因此, 船上加工鱿鱼熟片的肌肉组织从横切面和纵切面观察都最接近新鲜鱿鱼, 效果优于岸上加工鱿鱼熟片。

2.3 HE染色观察结果

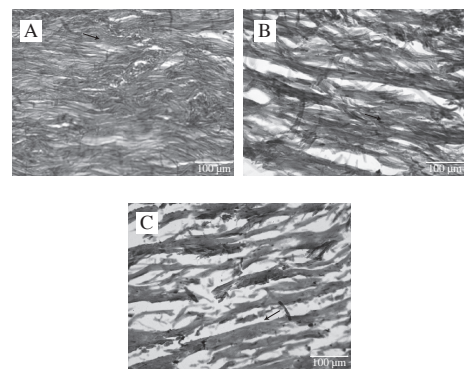


图3 不同加工方法鱿鱼组织结构比较 ($\times 200$)

Fig. 3 Comparison of histological structure of squid with different processing methods ($\times 200$)

不同加工方法对鱿鱼组织HE染色微观结构的影响通过图3可以看出, 新鲜鱿鱼肌原纤维排列整齐、大小均一, 相互之间紧密连接、均匀结合。与岸上加工鱿鱼熟片相比, 船上加工鱿鱼熟片的肌原纤维间隙小、内部出现少许空洞、形状较规则、大小较统一, 组织结构更接近

近新鲜鱿鱼,说明船上加工鱿鱼熟片更利于保持鱿鱼本身的肌原纤维结构,肌肉组织破坏少。

2.4 SDS-PAGE检测结果

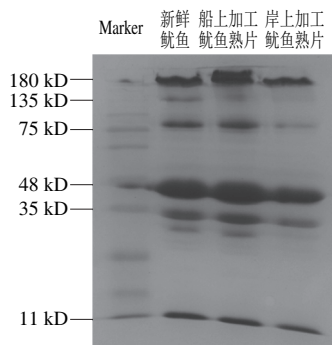
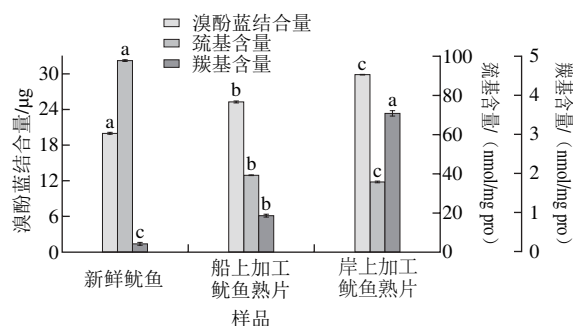


图4 不同加工方法鱿鱼肌肉SDS-PAGE图谱

Fig. 4 Electrophoretic patterns of squid muscle with different processing methods

图4是不同加工方法下鱿鱼肌肉蛋白10%分离胶下的SDS-PAGE结果。新鲜鱿鱼在分子质量为135 kD与75 kD之间出现条带,船上加工鱿鱼在此分子质量也同样出现类似条带,但岸上加工的鱿鱼肌肉蛋白条带消失,同样在分子质量35 kD处新鲜鱿鱼和船上加工鱿鱼也都有条带,而岸上加工的这条蛋白条带不明显,说明岸上加工会破坏鱿鱼原料蛋白。对比可以发现,船上加工鱿鱼与新鲜鱿鱼的蛋白条带变化结果基本相吻合,没有明显的条带产生或消失现象,岸上加工鱿鱼熟片条带有明显的消失现象。

2.5 加工方式对蛋白氧化变性的影响



同一测定指标上方小写字母不同表示差异显著 ($P < 0.05$)。

图5 不同加工方法的鱿鱼肌肉蛋白溴酚蓝结合量、巯基及羰基含量
Fig. 5 Bromphenol blue (BPB) binding capacity and sulfhydryl and carbonyl group contents of squid muscle protein with different processing methods

由图5可知,船上加工鱿鱼熟片的溴酚蓝结合量为25.22 μg ,介于新鲜鱿鱼19.94 μg 和岸上加工鱿鱼熟片29.85 μg 之间,说明船上加工鱿鱼熟片暴露出埋藏在蛋白质构象内部的疏水性氨基酸残基相对较少;船上加工鱿鱼熟片和岸上加工鱿鱼熟片的巯基含量差别不大,分别为38.98 nmol/mg pro和35.73 nmol/mg pro,说明船上加工

与岸上加工鱿鱼熟片变性程度较小;羰基含量是蛋白质氧化程度高低的显著标志,在蛋白氧化过程中,活性氧会使蛋白质肽链断裂,从而可能在断裂处形成羰基^[27],通过比较发现,船上加工鱿鱼熟片的羰基含量为0.92 nmol/mg pro而岸上加工鱿鱼熟片羰基含量为3.54 nmol/mg pro,说明船上加工鱿鱼熟片蛋白质氧化程度低。综合以上因素,船上加工鱿鱼熟片表面疏水性较低、蛋白质变性少,氧化程度低。

2.6 加工方式对鱼片质构特性的影响

表3 不同加工方式鱿鱼熟片的质构特性
Table 3 Textural analysis of control and treated samples

样品	硬度/g	弹性/mm	咀嚼性/mJ	胶黏性/g	内聚性
新鲜鱿鱼	3.36 \pm 0.87 ^a	0.90 \pm 0.05 ^a	1.48 \pm 0.32 ^a	1.65 \pm 0.34 ^a	0.38 \pm 0.04 ^a
船上加工鱿鱼熟片	4.85 \pm 0.79 ^a	1.95 \pm 0.13 ^b	7.29 \pm 1.04 ^b	3.75 \pm 0.58 ^b	0.69 \pm 0.03 ^b
岸上加工鱿鱼熟片	8.70 \pm 0.85 ^b	1.11 \pm 0.07 ^a	7.65 \pm 0.60 ^b	6.88 \pm 0.65 ^c	0.65 \pm 0.04 ^b

通过表3可以看出,船上加工鱿鱼熟片的硬度指标与新鲜鱿鱼不存在显著差异 ($P > 0.05$),能保持原料固有特性;而船上加工和岸上加工鱿鱼熟片在咀嚼性和内聚性方面均不存在显著差异 ($P > 0.05$),说明船上加工和岸上加工不影响咀嚼性和内聚性指标;同时可以发现新鲜鱿鱼、船上加工鱿鱼熟片、岸上加工鱿鱼熟片在胶黏性方面差异显著 ($P < 0.05$),但船上加工鱿鱼熟片的胶黏性低于岸上加工鱿鱼熟片,说明船上加工鱿鱼熟片更能保持新鲜鱿鱼的固有特性。综上所述,由全质构分析可知船上加工鱿鱼熟片比岸上加工鱿鱼熟片更能保持新鲜鱿鱼的质构特性。

2.7 加工方式对鱼片品质指标的影响

表4 不同加工方式鱿鱼熟片的品质指标
Table 4 Quality attributes of squid samples

样品	TVB-N含量/(mg/100 g)	pH	甲醛含量/(mg/kg)
新鲜鱿鱼	47.33 \pm 0.11 ^a	4.59 \pm 0.11 ^a	24.35 \pm 0.10 ^a
船上加工鱿鱼熟片	29.25 \pm 0.08 ^b	6.63 \pm 0.09 ^b	20.23 \pm 0.12 ^b
岸上加工鱿鱼熟片	36.22 \pm 0.11 ^c	6.97 \pm 0.15 ^c	22.61 \pm 0.13 ^c

由表4可知,新鲜鱿鱼的TVB-N含量为47.33 mg/100 g,而船上加工鱿鱼熟片的TVB-N含量降低为29.25 mg/100 g,符合国家标准GB 2733—2005《鲜、冻动物性水产品卫生标准》^[28],与岸上加工鱿鱼熟片相比,船上加工鱿鱼熟片不仅降低了TVB-N含量,甲醛含量也相对降低,可能是因为船上直接蒸煮使甲醛更易溶于水,从而降低鱿鱼的甲醛含量,这与李艳萍^[29]的研究结果一致,蒸煮工艺对甲醛含量有轻微的降低作用。研究表明新鲜鱼的pH值为6.5~6.8,次鲜鱼的pH值为6.9~7.0,变质鱼的pH值为7.1以上^[22]。通过表4可以看出,船上加工鱿鱼熟片的pH值在新鲜鱼指标范围内,岸上加工鱿鱼熟片的pH值为6.97,符合次鲜鱼的指标,船

上和岸上加工鱿鱼熟片比新鲜鱿鱼的pH值均升高,改善了鱿鱼原料本身的怪酸味,有利于后续二次加工利用。岸上加工鱿鱼熟片比船上加工鱿鱼熟片pH值高可能是因为岸上加工鱿鱼熟片在运输贮存期间,因鱿鱼趋于腐败的状态,微生物及自身蛋白酶的作用,导致蛋白质逐渐分解产生氨及胺类物质从而使pH值升高。

2.8 鱿鱼的感官评价结果

表5 鱿鱼熟片的感官评价结果
Table 5 Sensory evaluation of cooked slices squid

样品	色泽	气味	组织弹性	总体可接受度
船上加工鱿鱼熟片	7.87±0.16 ^a	9.35±0.14 ^a	8.98±0.09 ^a	9.78±0.13 ^a
岸上加工鱿鱼熟片	6.12±0.11 ^b	9.13±0.12 ^a	7.32±0.11 ^b	8.19±0.10 ^b

感官评定可以通过人们最直接的感受来评价食品品质的变化,评价结果最贴近消费者对鱿鱼品质的判断^[30]。由表5可以看出,船上加工鱿鱼熟片的色泽白皙、较有光泽,具有浓郁的鱿鱼香味,肌肉组织坚实富有一定的弹性,手指压后凹陷快速消失,总体接受度高达9.78。因此,在色泽、气味、组织弹性、总体可接受度方面,船上加工鱿鱼熟片的感官评价结果都优于岸上加工鱿鱼熟片,其产品更能被消费者接受。

3 结 论

研究通过从宏观到微观的方法对船上加工鱿鱼熟片和岸上加工鱿鱼熟片进行对比验证,发现船上加工鱿鱼熟片能保证鱿鱼原料的肌原纤维结构、蛋白破坏损失少、表面疏水性低、蛋白质变性少、氧化程度低、更能保持鱿鱼原料的质构特性,且鲜度指标TVB-N含量为29.25 mg/100 g,符合国家标准GB 2733—2005,感官评定发现船上加工鱿鱼熟片色泽白皙、较有光泽,具有浓郁的鱿鱼香味,肌肉组织坚实富有弹性,手指压后凹陷快速消失,总体接受度高,即船上加工鱿鱼熟片对鱿鱼原料品质结构的影响小,适于二次加工利用,能满足国内市场开发各种鱿鱼制品的需求。

参考文献:

- [1] 岳冬冬,王鲁民,郑汉丰,等.中国远洋鱿钓渔业发展现状与技术展望[J].资源科学,2014,36(8):1686-1694.
- [2] YUE Jin, ZHANG Yifeng, JIN Yafang, et al. Impact of high hydrostatic pressure on non-volatile and volatile compounds of squid muscles[J]. Food Chemistry, 2016, 194(1): 12-19. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.07.134.
- [3] JUAN A, CORTÉS R, RAMÓN P A, et al. Conformational changes in proteins recovered from jumbo squid (*Dosidicus gigas*) muscle through pH shift washing treatments[J]. Food Chemistry, 2016, 196(1): 769-775. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.09.054.
- [4] 李艳萍,李振兴,郭晓华,等.鱿鱼丝质构及鲜度指标在加工中的动态变化[J].中国渔业质量与标准,2014,4(5):1-5.
- [5] 吴帅帅,朱军莉,鹏沈,等.真空包装结合甲醛抑制剂对鱿鱼丝贮藏品质的影响[J].中国食品学报,2014,14(5):148-156. DOI:10.16429/j.1009-7848.2014.05.029.
- [6] 邹朝阳,李学鹏,蒋圆圆,等.秘鲁鱿鱼丝贮藏过程中甲醛及相关品质指标的变化[J].食品工业科技,2015,36(5):315-320. DOI:10.13386/j.issn1002-0306.2015.05.058.
- [7] 于涛,陈小娥,方旭波,等.秘鲁鱿鱼船上蒸煮滚桶的研究[J].食品工业,2014,35(4):129-132.
- [8] 卫生部.食品中水分的测定:GB 5009.3—2010[S].北京:中国标准出版社,2010:1-6.
- [9] 卫生部.食品中蛋白质的测定:GB 5009.5—2010[S].北京:中国标准出版社,2010:1-7.
- [10] 卫生部.食品中粗脂肪的测定:GB/T 14772—2008[S].北京:中国标准出版社,2008:1-2.
- [11] 卫生部.食品中灰分的测定:GB 5009.4—2010[S].北京:中国标准出版社,2010:1-2.
- [12] 郭恒,钱怡,李颖杰,等.解冻温度对冷冻鲑鱼品质、质构及超微结构的影响[J].中国食品学报,2014,14(12):49-56. DOI:10.16429/j.1009-7848.2014.12.019.
- [13] GÓMEZ-GUILLÉN M C, TURNAY J, FERNÁNDEZ-DÍAZ M D, et al. Structural and physical properties of gelatin extracted from different marine species: a comparative study[J]. Food Hydrocolloids, 2002, 16(1): 25-34. DOI:10.1016/S0268-005X(01)00035-2.
- [14] 罗春艳,汪振涛,傅鹏程,等.响应面优化鱿鱼须酶法脱皮工艺及其质构特性[J].食品科学,2015,36(6):29-34. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201506006.
- [15] NURIA B P, FEMENDO F M, PILAR M. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) myofibrillar protein concentrate for edible packaging films and storage stability[J]. LWT-Food Science and Technology, 2014, 55(2): 543-550.
- [16] CHI Changfeng, WANG Bin, LI Zhongrui, et al. Characterization of acid-soluble collagens from the cartilages of scalloped hammerhead (*Sphyrna lewini*), red stingray (*Dasyatis akajei*), and skate (*Raja porosa*) [J]. Food Science and Biotechnology, 2013, 22(4): 909-916.
- [17] 陆玉芹,颜明月,陈德慰,等.鱼类加工制品蛋白质氧化程度分析[J].食品科学,2015,36(19):55-59. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201519010.
- [18] CHELH I, GATELLIER P, SANTE-LHOUELLIER V. Technical note: a simplified procedure for myofibril hydrophobicity determination[J]. Meat Science, 2006, 74(4): 681-683.
- [19] KOUTINA G, JONGBERG S, SKIBSTED L H. Protein and lipid oxidation in Parma ham during production[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2012, 60(38): 9737-9745.
- [20] OLIVER C N, AHN B W, MOERMAN E J, et al. Age-related changes in oxidized proteins[J]. Journal of Biological Chemistry, 1987, 262(12): 5488-5491.
- [21] 余力,贺雅非, BATJARGAL E, 等.不同解冻方式对伊拉兔肉品质特性的影响[J].食品科学,2015,36(14):258-264. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201514049.
- [22] 袁鹏翔,邓尚贵,张宾,等.静态流化冰对鱿鱼保鲜效果的影响[J].现代食品科技,2015,31(8):242-248. DOI:10.13982/j.mfst.1673-9078.2015.8.038.
- [23] 农业部.水产品中挥发性盐基氮的测定:SC/T 3032—2007[S].北京:中国农业出版社,2008:1-2.
- [24] 农业部.水产品中甲醛的测定:SC/T 3025—2006[S].北京:中国农业出版社,2006:1-5.
- [25] 国家质量监督检验检疫总局.肉与肉制品pH测定:GB/T 9695.5—2008[S].北京:中国农业出版社,2008:1-4.
- [26] 郭利平,荣婧,宁杨,等.罗非鱼酶解肽抑制冷藏鱼糜中油脂和蛋白质氧化能力[J].食品科学,2016,37(5):89-93. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201605017.
- [27] ESTÉVEZ M. Protein carbonyls in meat systems: a review[J]. Meat Science, 2011, 89(3): 259-279.
- [28] 卫生部.鲜、冻动物性水产品卫生标准:GB 2733—2005[S].北京:中国农业出版社,2005:1-4.
- [29] 李艳萍.蒸煮工序对秘鲁鱿鱼丝质量影响的探讨[D].青岛:中国海洋大学,2014:42.
- [30] 蒋硕,杨福馨,张宾燕,等.聚乙烯醇抗菌包装薄膜对鲷鱼冷藏保鲜效果的影响[J].食品科学,2015,36(6):226-231. DOI:10.7506/spkx1002-6630-201506043.