

不同烹饪方式对海参体壁营养成分变化的对比分析

王志远

(天津职业大学旅游管理学院, 天津 300350)

摘要: 为了探究不同烹饪方式对海参体壁营养成分的影响, 将鲜活海参分别使用常压烹饪、高压烹饪、重汤烹饪方式进行烹饪。对比不同烹饪方式下海参外观、体壁组织变化、海参失水率、失重率、收缩率、海参体壁营养成分及海参体壁质构变化。研究结果显示, 高压烹饪组海参体壁水分、水溶性蛋白、胶原蛋白、多糖含量分别为 84.27%、0.58%、1.73%、0.76%、2.73%, 常压烹饪组海参体壁水分、水溶性蛋白、胶原蛋白、多糖含量分别 87.58%、0.36%、1.92%、1.92%, 重汤烹饪组海参体壁水分、水溶性蛋白、胶原蛋白、多糖含量分别为 86.62%、0.46%、1.82%、0.81%。重汤烹饪组在海参体壁水分、水溶性蛋白、胶原蛋白、多糖含量上介于高压烹饪组、常压烹饪组之间, 具有统计学差异 ($p < 0.05$)。结果表明重汤烹饪下的海参体壁组织较为完整, 体壁营养成分保留较多, 且对海参体壁的质构影响较小, 符合海参烹饪的要求。

关键词: 常压烹饪; 高压烹饪; 重汤烹饪; 海参体壁营养成分

文章编号: 1673-9078(2020)02-108-113

DOI: 10.13982/j.mfst.1673-9078.2020.2.016

Comparative Analysis of Nutritional Composition of Sea Cucumber Body Wall Cooked by Different Ways

WANG Zhi-yuan

(School of Tourism Management, Tianjin Vocational Institute, Tianjin 300350, China)

Abstract: To explore the effects of different cooking methods on nutrient composition of sea cucumber body wall. The changes of appearance, body wall tissue, water loss rate, weight loss rate, shrinkage rate, nutrient composition of body wall and texture of sea cucumber were compared under different cooking methods. The results showed that the contents of water, water-soluble protein, collagen and polysaccharide in the body wall of sea cucumber in high pressure cooking group were 84.27%, 0.58%, 1.73%, 0.76%, 2.73%, respectively. The contents of water, water-soluble protein, collagen and polysaccharide in the body wall of sea cucumber in atmospheric pressure cooking group were 87.58%, 0.36%, 1.92% and 1.92%, respectively. The contents of water, water-soluble protein, collagen and polysaccharide were 86.62%, 0.46%, 1.82% and 0.81% respectively. The contents of water, water-soluble protein, collagen and polysaccharide in the body wall of sea cucumber in Chongtang cooking group were between the high-pressure cooking group and the atmospheric cooking group, with statistical difference ($p < 0.05$). According to the above results, the body wall tissue of sea cucumber cooked with Chongtang is relatively complete, the nutrient components of body wall are retained more, and the texture of sea cucumber body wall is less affected, which meets the requirements of sea cucumber cooking.

Key words: atmospheric pressure cooking; high pressure cooking; heavy soup cooking; nutritional components of sea cucumber body wall

海参是海参纲海洋生物总称, 是广谱的海产品八珍之首, 与鱼翅、燕窝、人参等齐名, 富含大量的营养物质, 具有滋补健体的功效^[1]。据文献记载^[2], 我国是世界范围内将海参作为食材最早的国家, 早在三国时期既有记载, 在明朝时期, 海参被广泛认为是一种名贵的滋补食材, 清朝时期, 海参成为当时最为流行

收稿日期: 2019-08-12

基金项目: 天津市科技发展计划项目 (05YFJZJC00901)

作者简介: 王志远 (1987-), 讲师, 研究方向: 烹饪工艺与营养、食品营养与卫生

的海产品食材, 但是多见于官宦以及富贵人家。近年来, 随着社会经济的不断发展, 以海参作为食材的菜品最为流行^[3]。

海参具有较高的营养价值, 有研究认为^[4], 海参体壁的真皮结缔组织、内线管、内脏中不仅含有较高的生物活性, 另一方面还具有较多的药理作用, 海参体壁中含有较多的微量元素、脂肪、蛋白质、海参皂苷、维生素等多种营养成分。研究认为^[5]海参中不含胆固醇。有研究认为食用海参可增强记忆力、延缓衰老、抗肿瘤以及增强机体免疫力等药理作用。

伴随着目前火的广泛应用,不同种的烹饪方式对食品的营养成分的影响不同。海参属于一种具有自溶性高的特点。目前食品烹饪中对于海参的烹饪方式不同,且对海参体壁营养成分的影响不同^[6]。在本文中分析不同烹饪方式对海参体壁营养成分的影响,寻找较为合适的烹饪方式,在最大程度上保留海参体壁营养成分。

1 材料与方法

1.1 材料

研究原料:鲜活海参,购于天津市海鲜市场。

1.2 方法

1.2.1 烹饪方式

将所购买的鲜活海参使用热水焯 0.5 min,腹部根部剖大约 1/3~1/2 的参长,将海参呼吸树、肠、石灰牙清除,之后使用清水、蒸馏水清洗后使用滤纸将水分吸干,分别行常压烹饪、高压烹饪、重汤烹饪方式烹饪海参。常压烹饪:使用电磁炉煮 15 min;高压烹饪:使用高压锅煮 10 min;重汤烹饪:使用奥库食疗重汤机煮 15 min。自然冷却后待检测使用。

1.2.2 海参失水率、失重率、收缩率检测

海参失水率:使用 GB5009.3-2010 国家标准食品中食品水分检测标准方法对不同烹饪方式下烹饪的海参失水率进行检测,海参烹饪失水率(%)=(烹饪前海参水分-烹饪后海参水分)/烹饪前海参水分×100%。

海参失重率:在烹饪前、后将海参表面水分使用滤纸吸净,称量海参重量,计算不同烹饪方式海参失重率,海参烹饪失重率(%)=(烹饪前海参重量-烹饪后海参重量)/烹饪前海参重量×100%。

海参收缩率:使用游标卡尺测量烹饪前、后海参长度,计算海参烹饪收缩率,海参烹饪收缩率(%)=(烹饪前海参重量-烹饪后海参重量)/烹饪前海参重量×100%。

1.2.3 海参体壁营养成分检测

水分测定:参照 GB 5009.3-2010 国家标准食品中对食品水分的测定方法对不同烹饪方式下海参体壁水分进行测定。

水溶性蛋白测定:取海参样本,加入蒸馏水,在恒温摇床下行震荡处理,震荡 2 h,定容至 100 mL 的容量瓶中,之后行过滤处理,过滤后所得到的溶液即为水溶性蛋白,之后采用 GB 5005.3-2010 凯氏定氮对不同烹饪方式下海参体壁水溶性蛋白含量进行检测。

胶原蛋白测定:取 1.0 g 海参样本,切碎,放置于

磨口锥形瓶中,将 2 mL 6 mol/L 的 HCl 溶液加入,使用凡士林做封口处理,在温度为 130 °C 的环境下消化 4 h 后转移至小烧杯中,之后将甲基红指示剂加入(1 滴),将 pH 值调整至 6.8~7.2 之间,调整完成后将上述溶液转移至 100 mL 的容量瓶中,行定容处理。吸取 1 mL 的样本溶液测定 A₅₆₀ nm 值,使用羟脯氨酸标准曲线的标准回归方程(y=0.0582x+0.0113)对所取得的样本溶液中的 L-羟脯氨酸含量进行测定,之后根据胶原蛋白与 L-羟脯氨酸之间的关系换算出不同烹饪方式下海参体壁胶原蛋白含量水平。

海参体壁胶原蛋白含量(%)=[(A₅₆₀-0.0113)×消化液体积×10⁻⁶]/[0.0582×海参质量×8.10%]×100%。

多糖测定:取 1.0 g 海参样本,将 30%氢氧化钾溶液 40 mL 加入后在温度为 40 °C~50 °C 的环境下超声提取 2 h,2M 乙酸调整 pH 值为 6.8~7.2 之间,在温度为 4 °C 的环境下使用转速为 10000 r/min 的离心机离心处理 25 min 后取上清液,将两倍体积的 95%乙醇缓慢加入,在常温环境下静置过夜。之后再次使用转速为 4500 r/min 的离心机离心处理 30 min,取沉淀物,将 10 mL 蒸馏水加入溶液,使用过氧化氢做脱色处理,再次加入两倍体积的 95%乙醇缓慢加入在常温环境下静置过夜,干燥至恒重的 G4 垂融坩埚抽滤,使用无水乙醇、丙酮行脱水处理,反复 3 次,50 °C 恒重,对多糖的粗的率进行计算,在干燥后取样本配置为 200 μg/ml 的溶液,取 1 mL 样本溶液按照岩藻糖标准曲线测定 A₄₉₀ nm 值,使用岩藻糖标准曲线下回归方程(y=0.0086x-0.0102)对岩藻糖的含量进行测定,之后根据多糖与岩藻糖之间的关系换算出不同烹饪方式下海参体壁多糖含量水平。海参体壁多糖含量(%)=[(A₄₉₀+0.0102)×提取液体积×10⁻⁶]/[0.0086×海参质量×70.00%]×100%。

钙测定:参照 GB/T 5009.092-2003 国家标准食品中对食品钙的测定方法对不同烹饪方式下海参体壁钙含量进行测定。

1.2.4 海参体壁质构检测

使用两次咀嚼测试使用仪器模拟人体咀嚼动作,绘制时间与力的关系图,寻找对应人体器官的评定参数,包括粘附性、内聚性、硬度、弹性、咀嚼性。

1.2.5 海参体壁组织观察

上述指标检测完后取海参体壁切成小组织块,在温度为-20 °C 的环境下包埋,使用冰冻切片将组织块切为厚度为 10 μm 的切片,行 Van-Gieson 染色处理后使用光学显微镜对化身体壁组织变化进行观察。

1.3 统计学处理

采用 SPSS 21.0 统计软件进行分析, 计量资料采用 $(\bar{x} \pm s)$ 进行描述, 多组间比较采用 F 值检验, 两组间比较采用实施独立样本 t 检验, $p < 0.05$ 则说明差异具有统计学意义。

2 结果与讨论

2.1 不同烹饪方式对海参与外形比较

如图 1 所示, 常压烹饪方式下烹饪的海参整体颜色均一, 光泽度较好, 表面湿润, 参刺整齐粗壮, 但饱满度较差, 存在严重的“化皮”。高压烹饪方式下烹饪的海参整体颜色不均匀, 表面较为干燥, 无“化皮”现象, 较为饱满。重汤烹饪方式下烹饪的海参整体颜色较为均一, 富有光泽、表面湿润, 无“化皮”现象, 较为饱满。

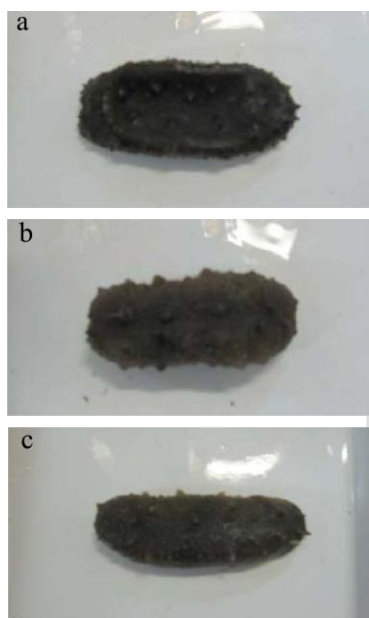


图 1 不同烹饪方式对海参与外形比较

Fig.1 Comparison of shape of sea cucumber by different cooking methods

注: a: 常压烹饪; b: 高压烹饪; c: 重汤烹饪。

2.2 不同烹饪方式海参失水率、失重率、收缩率比较

Tan 等^[7]在其研究中认为在高冷或者高热状态下, 海参失水量不同, 其结果认为海参失水量与压力、温度正相关。Tian^[8]、Liu^[9]等均在其研究认为在烹饪过程中, 烹饪压力相同的情况下, 烹饪温度越高海参失水率越高, 当烹饪温度相同的情况下, 烹饪压力越高海参烹饪失水率越高。本文研究中对三种烹饪方式下的海参失水率、失重率、收缩率进行检测, 结果如表

1 所示, 常压烹饪组海参失水率、海参失重率、海参收缩率分别为 5.71%、65.46%、43.15%; 高压烹饪组海参失水率、海参失重率、海参收缩率分别为 8.89%、71.45%、48.60%; 重汤烹饪组海参失水率、海参失重率、海参收缩率分别为 6.98%、69.23%、44.16%。高压烹饪组、重汤烹饪组海参失水率、失重率、收缩率均高于常压烹饪组, 具有统计学差异 ($p < 0.05$); 重汤烹饪组海参失水率、失重率、收缩率均低于高压烹饪组, 具有统计学差异 ($p < 0.05$)。说明, 在烹饪压力相同的情况下, 高压烹饪的海参失水率、失重率、收缩率高于重汤烹饪的海参; 在烹饪温度相同的情况下, 常压烹饪的海参失水率、失重率、收缩率均低于高压烹饪和重汤烹饪的海参。但目前对于不同烹饪方式对海参失水量的影响研究较少, 因此本文上述研究结果还需后续研究进一步分析。

表 1 不同烹饪方式海参失水率、失重率、收缩率比较

Table 1 Comparison of water loss rate, weight loss rate and shrinkage rate of sea cucumber in different cooking ways ($\bar{x} \pm s, \%$)

组别	海参失水率	海参失重率	海参收缩率
常压烹饪组	5.71±0.68	65.46±3.15	43.15±1.68
高压烹饪组	8.89±0.36*	71.45±5.46*	48.60±4.25*
重汤烹饪组	6.98±1.12*#	69.23±1.13*#	44.16±2.10*#

注: 与常压烹饪组相比, *: $p < 0.05$; 与高压烹饪组相比, #: $p < 0.05$; 与重汤烹饪组相比。

2.3 不同烹饪方式对海参与体壁营养成分的影响

在温度持续升高的过程中, 海参与体壁的胶原分子之间与肽链之间的氢键、交联键打开, 导致胶原吸收水分而膨胀, 且伴随着温度持续升高时间的延长, 多种交联键、次级键破坏程度逐渐严重, 当加热至沸腾后, 肽链的主链降解, 胶原在此过程中会逐渐由大肽水解为小肽, 最终分解为氨基酸^[10-12]。当温度升高 > 60 °C 后, 上述反应发生的速度和温度呈正相关性关系^[13-15]。多糖属于一种功能性的一种成分, 在生物体内和蛋白质产生结合作用, 其存在形式为糖蛋白, 但由于多糖在热环境下稳定度较低, 且具易溶于水, 因此在烹饪的过程中海参与体壁的多糖损伤量较为显著, 其损失特点与胶原蛋白的损失特点具有高度相似性^[16]。但目前并未有研究分析不同烹饪方式下海参与体壁营养成分的变化, 但本文研究认为, 不同方式的烹饪方式可能会对其产生影响, 因此在本文研究中对不同烹饪方式下海参与体壁营养成分的变化进行检测, 结

果如表 2 所示, 鲜活海参体壁水分、水溶性蛋白、胶原蛋白、多糖、钙含量分别为 (93.46±1.15、0.86±0.10、2.31±0.65、0.98±0.05、2.63±0.10); 常压烹饪组海参体壁水分、水溶性蛋白、胶原蛋白、多糖、钙含量分别为 (87.58±0.29、0.36±0.06、1.92±0.24、1.92±0.24、2.69±0.12); 高压烹饪组海参体壁水分、水溶性蛋白、胶原蛋白、多糖、钙含量分别为 (84.27±0.10、0.58±0.04、1.73±0.16、0.76±0.01、2.73±0.11); 重汤烹饪组海参体壁水分、水溶性蛋白、胶原蛋白、多糖、钙含量分别为 (86.62±0.01、0.46±0.01、1.82±0.01、0.81±0.10、2.70±0.09)。常压烹饪组、高压烹饪组、重汤烹饪组海参体壁水分、水溶性蛋白、胶原蛋白、多糖含量均低于鲜活海参, 具有统计学差异 ($p<0.05$); 高压烹饪组、重汤烹饪组海参体壁水分、水溶性蛋白、胶原蛋白、多糖含量均低于常压烹饪组, 具有统计学差异 ($p<0.05$); 重汤烹饪组海参体壁水分、水溶性蛋白、胶原蛋白、多糖含量均高于高烹烹饪组, 具有统

计学差异 ($p<0.05$)。四组海参体壁钙含量比较, 无统计学差异 ($p>0.05$)。说明三种烹饪过程中未加入任何酸性物质, 水溶液中的蛋白液呈现为弱碱性, 因此在三种烹饪过程中海参体壁的钙含量无较为显著的变化。不同烹饪方式对海参体壁的营养成分均会产生不同程度的影响, 但高压烹饪方式海参体壁营养成分损失最多, 常压烹饪与重汤烹饪方式海参体壁营养成分损失量相当, 常压烹饪方式海参体壁营养成分损失最少。虽然目前无研究认为不同的烹饪方式对海参体壁营养成分产生影响, 但 Romano C 等^[17]在其研究中认为, 不论何种烹饪方式均不会对海参体壁中的钙产生影响, 可能是由于存在于海参体壁的钙存在形式为碳酸钙, 在酸性环境下海参体壁的钙会以钙离子的形式发生游离现象, 在碱性或者中性环境下, 海参体壁的钙相对稳定, 不会发生游离现象, 因此任何烹饪方式均不会影响海参体壁中的钙含量。

表 2 不同烹饪方式对海参体壁营养成分的影响

Table 2 Effects of different cooking ways on nutritional composition of sea cucumber body wall ($\bar{x} \pm s, \%$)

组别	水分	水溶性蛋白	胶原蛋白	多糖	钙
鲜活海参	93.46±1.15	0.86±0.10	2.31±0.65	0.98±0.05	2.63±0.10
常压烹饪组	87.58±0.29 ^Δ	0.58±0.04 ^Δ	1.92±0.24 ^Δ	0.85±0.06 ^Δ	2.69±0.12 ^Δ
高压烹饪组	84.27±0.10 ^{Δ*}	0.36±0.06 ^{Δ*}	1.73±0.16 ^{Δ*}	0.76±0.01 ^{Δ*}	2.73±0.11 ^{Δ*}
重汤烹饪组	86.62±0.01 ^{Δ*#}	0.46±0.01 ^{Δ*#}	1.82±0.01 ^{Δ*#}	0.81±0.10 ^{Δ*#}	2.70±0.09 ^{Δ*#}

注: 与鲜活海参相比, Δ : $p<0.05$; 与常压烹饪组相比, $*$: $p<0.05$; 与高压烹饪组相比, $\#$: $p<0.05$; 与高压烹饪组相比。下表同。

表 3 不同烹饪方式对海参体壁质构的影响

Table 3 Effects of different cooking methods on texture of sea cucumber body wall ($\bar{x} \pm s$)

组别	粘附性/mJ	内聚性	硬度/N	弹性/mm	咀嚼性/mJ
鲜活海参	0.03±0.01	0.09±0.02	12.56±1.80	0.42±0.02	0.43±0.05
常压烹饪组	3.36±0.79 ^Δ	0.54±0.07 ^Δ	6.25±0.26 ^Δ	2.23±0.14 ^Δ	7.86±0.12 ^Δ
高压烹饪组	2.97±0.15 ^{Δ*}	0.81±0.05 ^{Δ*}	4.86±0.35 ^{Δ*}	3.26±0.69 ^{Δ*}	11.89±0.69 ^{Δ*}
重汤烹饪组	2.85±0.32 ^{Δ*#}	0.75±0.01 ^{Δ*#}	4.53±0.14 ^{Δ*#}	2.65±0.18 ^{Δ*#}	10.35±0.26 ^{Δ*#}

2.4 不同烹饪方式对海参体壁质构的影响

烹饪后的海参与鲜活海参相比硬度相对偏低, 咀嚼性、粘附性、弹性以及内聚性相对偏高, 研究表明^[18], 上述原因与胶原蛋白的凝胶性、粘性相关, 而胶原蛋白的凝胶性、胶粘性、加热时间、温度、分子量大小有关。天然的胶原蛋白的分子量较大, 肽键之间的氢键和肽键次级间的作用力相对较强, 理解为质构特性为组织的硬度大、粘附性、弹性较小, 刚性较强。伴随着温度的升高, 胶原会发生热降解作用, 使得胶原蛋白的分子量减小, 而此时胶原组织内部的肽键会断开形成-NH₂、-COO⁻基团, 并会新成新的氢键。当

温度为 40 °C 时, 胶原蛋白会出现变性、热收缩变化, 排除组织内部结合水, 胶原纤维的吸水后会发生凝胶化反应, 使得因海参自身神经收缩所导致的发硬现象消失, 导致海参硬度下降, 咀嚼性、内聚性、弹性相对升高^[19]。当温度为 70 °C 时, 胶原蛋白为热叠加温度, 胶原蛋白发生不可逆变性反应, 当不可逆的变性反应发生后, 胶原蛋白分子重新有规律的排列, 形成三维网状结构, 当温度持续上升后上述结构会越来越稳定, 体现在海参质构上为硬度持续变小, 咀嚼性、内聚性、弹性持续上升。另外, 当温度越来越高后会致胶原发生融化作用, 此时海参表面粘性会增高, 体现在海参质构上为粘附性升高^[20]。在本文研究中对

不同烹饪方式对海参体壁质构影响进行检测, 结果如表3所示, 鲜活海参粘附性、内聚性、硬度、弹性、咀嚼性分别为0.03 mJ、0.09、12.56 N、0.42 mm、0.43 mJ, 烹饪后常压烹饪组海参粘附性、内聚性、硬度、弹性、咀嚼性分别为3.36 mJ、0.54、6.25 N、2.23 mm、7.86 mJ; 高压烹饪组海参粘附性、内聚性、硬度、弹性、咀嚼性分别为2.97 mJ、0.81、4.86 N、3.26 mm、11.89 mJ; 重汤烹饪组海参粘附性、内聚性、硬度、弹性、咀嚼性分别为2.85 mJ、0.75、4.53 N、2.65 mm、10.35 mJ; 常压烹饪组、高压烹饪组、重汤烹饪组海参粘附性、内聚性、弹性、咀嚼性高于鲜活海参, 硬度低于鲜活海参, 具有统计学差异 ($p<0.05$); 高压烹饪组海参粘附性、硬度低于常压烹饪组, 内聚性、弹性、咀嚼性高于常压烹饪组, 具有统计学差异 ($p<0.05$); 重汤烹饪组海参粘附性、硬度低于常压烹饪组, 内聚性、弹性、咀嚼性高于常压烹饪组, 具有统计学差异 ($p<0.05$); 重汤烹饪组海参粘附性、内聚性、硬度、弹性、咀嚼性均低于高压烹饪组, 具有统计学差异 ($p<0.05$)。说明, 常压烹饪、高压烹饪、重汤烹饪三种烹饪方式相比, 重汤烹饪海参体壁质构变化处于中等水平, 符合海参的感官要求, 即为口感脆化、硬度、弹性、咀嚼度适中。

2.5 不同烹饪方式对海参体壁组织的影响

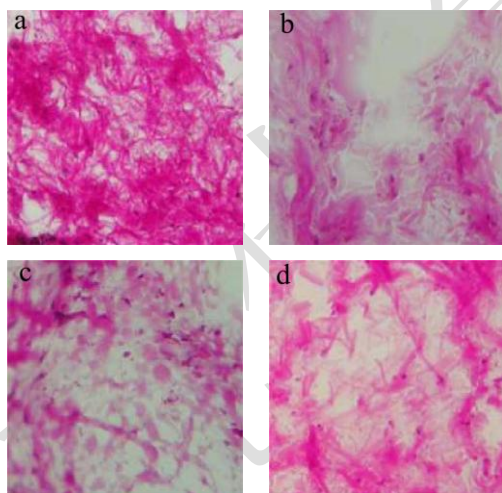


图2 不同烹饪方式对海参体壁组织的影响

Fig.2 Effects of different cooking methods on body wall tissue of sea cucumber ($\times 200$)

注: a: 鲜活海参; b: 常压烹饪; c: 高压烹饪; d: 重汤烹饪。

如图2所示, 鲜活海参体壁组织呈现为较为鲜艳的玫红色, 胶原纤维较细, 胶原纤维间隙紧密。常压烹饪下的海参胶原纤维粗细不清, 纤维发生扩散片化, 可见为较为明显的纤维间隙增大。高压烹饪下的海参

胶原纤维较粗, 纤维扩散呈现为鱼鳞片化, 可见有明显的纤维间隙增大。重汤烹饪下的海参胶原纤维与鲜活海参相比变粗, 胶原纤维间隙有所增大。

3 结论

3.1 在烹饪压力相同的情况下, 高压烹饪的海参失水率、失重率、收缩率高于重汤烹饪的海参; 在烹饪温度相同的情况下, 常压烹饪的海参失水率、失重率、收缩率均低于高压烹饪和重汤烹饪的海参。

3.2 不同烹饪方式对海参体壁的营养成分均会产生不同程度的影响, 但高压烹饪方式海参体壁营养成分损失最多, 常压烹饪与重汤烹饪方式海参体壁营养成分损失量相当, 常压烹饪方式海参体壁营养成分损失最少。而三种烹饪过程中未加入任何酸性物质, 水溶液中的蛋白液呈现为弱碱性, 因此在三种烹饪过程中海参体壁的钙含量无较为显著的变化。

3.3 常压烹饪、高压烹饪、重汤烹饪三种烹饪方式相比, 重汤烹饪海参体壁质构变化处于中等水平, 符合海参的感官要求, 即为口感脆化、硬度、弹性、咀嚼度适中。

3.4 综上所述, 重汤烹饪下的海参体壁组织较为完整, 体壁营养成分保留较多, 且对海参体壁的质构影响较小, 符合海参烹饪的要求。

参考文献

- [1] Zhang X, Sun L, Yuan J, et al. The sea cucumber genome provides insights into morphological evolution and visceral regeneration [J]. Plos Biol, 2017, 15(10): e2003790
- [2] Zhou TY, Xiang XW, Du M, et al. Protective effect of polysaccharides of Sea Cucumber *Acaudina leucoprocta* on hydrogen peroxide-induced oxidative injury in RAW264.7 cells [J]. Int J Biol Macromol, 2019, 139(1): 1133-1140
- [3] Wargasetia T L, Widodo. Mechanisms of cancer cell killing by sea cucumber-derived compounds [J]. Invest New Drugs, 2017, 35(6): 820-826
- [4] Hou S, Jin Z, Jiang W, et al. Physiological and immunological responses of sea cucumber *Apostichopus japonicus* during desiccation and subsequent resubmersion [J]. Peer J, 2019, 7(1): 7427
- [5] Liu YX, Liu ZQ, Song L, et al. Effects of collagenase type I on the structural features of collagen fibres from sea cucumber (*Stichopus japonicus*) body wall [J]. Food Chem, 2019, 301(1)
- [6] Puch-Hau C, Sánchez-Tapia IA, Patiño-Suárez V, et al. Evaluation of two independent protocols for the extraction of

- DNA and RNA from different tissues of Sea Cucumber *Isostichopus badionotus* [J]. *Methods X*, 2019, 6(1): 1627-1634
- [7] Tan M, Lin Z, Zu Y, et al. Effect of multiple freeze-thaw cycles on the quality of instant sea cucumber: Emphatically on water status of by LF-NMR and MRI [J]. *Food Res Int*, 2018, 109(1): 65-71
- [8] Zhao Y, Liu H, Wang Q, et al. The effects of benzo[a]pyrene on the composition of gut microbiota and the gut health of the juvenile Sea Cucumber *Apostichopus japonicus* Selenka [J]. *Fish Shellfish Immunology*, 2019, 93(1): 369-379
- [9] Tian Y, Shang Y, Guo R, et al. Salinity stress-induced differentially expressed miRNAs and target genes in sea cucumbers *Apostichopus japonicus* [J]. *Cell Stress Chaperones*, 2019, 24(4): 719-733
- [10] Liu C, Wu L, Xue Y, et al. Effect of cooking methods on bioaccessibility of Zn, Se, Cd, Cu in sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) [J]. *Food Sci Biotechnol*, 2018, 27(3): 899-904
- [11] Olivera-Castillo L, Davalos A, Grant G, et al. Diets containing sea cucumber (*Isostichopus badionotus*) meals are hypocholesterolemic in young rats [J]. *Plos One*. 2013, 8(11): 79446
- [12] Li M, Qi Y, Mu L, Li Z, et al. Effects of processing method on chemical compositions and nutritional quality of ready-to-eat sea cucumber (*Apostichopus japonicus*) [J]. *Food Sci Nutr*, 2019, 7(2): 755-763
- [13] Dong X, Liu W, Song X, et al. Characterization of heat-induced water adsorption of sea cucumber body wall [J]. *J Food Sci*, 2019, 84(1): 92-100
- [14] Barone M, Viggiani M T, Introna A, et al. Nutritional prognostic factors for survival in amyotrophic lateral sclerosis patients undergone percutaneous endoscopic gastrostomy placement [J]. *Amyotroph Lateral Scler Frontotemporal Degener*, 2019, 26(1): 1-7
- [15] Mohamed AS, Mahmoud SA, Soliman AM, et al. Antitumor activity of saponin isolated from the Sea Cucumber, *holothuria arenicola* against ehrlich ascites carcinoma cells in swiss albino mice [J]. *Nat Prod Res*, 2019, 25(1): 1-5
- [16] Null G, Pennesi L, Feldman M. Nutrition and lifestyle intervention on mood and neurological disorders [J]. *J Evid Based Complementary Altern Med*, 2017, 22(1): 68-74
- [17] Romano C, van Wynckel M, Hulst J, et al. European society for paediatric gastroenterology, hepatology and nutrition guidelines for the evaluation and treatment of gastrointestinal and nutritional complications in children with neurological impairment [J]. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*, 2017, 65(2): 242-264
- [18] Park S Y, Lim H K, Lee S, et al. Pepsin-solubilised collagen (PSC) from red sea cucumber (*Stichopus japonicus*) regulates cell cycle and the fibronectin synthesis in HaCaT cell migration [J]. *Food Chem*, 2012, 132(1): 487-92
- [19] Alcock R D, Shaw G C, Burke L M. Bone broth unlikely to provide reliable concentrations of collagen precursors compared with supplemental sources of collagen used in collagen research [J]. *Int J Sport Nutr Exerc Metab*, 2019, 29(3): 265-272
- [20] Chieu HD, Suwansa-Ard S, Wang T, et al. Identification of neuropeptides in the sea cucumber *Holothuria leucospilota* [J]. *Gen Comp Endocrinol*, 2019, 283(1): 113229

(上接第 270 页)

- [22] Sadiki M, Martin N. Solid-Phase extraction and procedure for determination of phenolic compounds in maple syrup [J]. *Food Analytical Methods*, 2013, 6(3): 737-744
- [23] Bertoneclj J, Polak T, Kropf U, et al. LC-DAD-ESI/MS analysis of flavonoids and abscisic acid with chemometric approach for the classification of Slovenian honey [J]. *Food Chemistry*, 2011, 127(1): 296-302
- [24] Sun C, Tan H, Zhang Y, et al. Phenolics and abscisic acid identified in acacia honey comparing different SPE cartridges coupled with HPLC-PDA [J]. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2016, 53: 91-101
- [25] Yao L H, Datta N, Tomas-Barberan F A, et al. Flavonoids, phenolic acids and abscisic acid in Australian and New Zealand *Leptospermum* honeys [J]. *Food Chemistry*, 2003, 81(2): 159-168