

两种烹调方式对明虾的营养品质及质构的影响

袁亚明, 荀瑞琰, 于小番, 沈鑫, 周环, 许慧卿*

(扬州大学食品科学与工程学院, 江苏扬州 225127)

摘要: 运用蒸制和焙烤两种方式熟制明虾肉, 并分析其基础营养成分、质构特性、蛋白质降解情况及其二级结构差异。结果显示: 各处理组同生肉组相比水分减少, 粗蛋白、灰分和粗脂肪相对含量增加, 其中焙烤处理组变化更明显; 随着加热时间的延长, 明虾肉的硬度、弹性、咀嚼性均呈现先上升后下降的趋势; 拉曼光谱分析蛋白质二级结构的结果显示, 随着烹调时间延长, 两种烹调方式下虾肉蛋白中 α -螺旋和 β -转角含量均不断下降, β -折叠和无规则卷曲含量均不断上升; 皮尔逊相关性分析表明, 虾肉蛋白中 α -螺旋含量显著影响虾肉的营养与质构品质。因此, 焙烤比蒸制对明虾的品质及蛋白二级结构影响更大。

关键词: 烹调方式; 明虾; 营养成分; 质构; 二级结构

中图分类号: TS 972.126.2

文献标志码: A

文章编号: 2095-8730(2020)03-0048-05

明虾主要分布于中国渤海、黄海海域, 以黄河入海口附近的渤海湾为主, 东海北部也有少量分布, 是我国沿海地区主要的增养殖虾类。^[1] 新鲜明虾肉质鲜美, 因水分和蛋白质含量高, 脂肪含量相对较少而备受消费者的青睐。虾的传统烹调方式是蒸和煮, 但随着现代生活节奏的加快, 人们对于便携烹调方式的需求日益加剧, 作为家庭常用电器的烤箱对烹饪技术要求较低, 成为替代传统烹饪方式的一股新兴力量。^[2-3] 目前的研究主要集中在虾肉在热处理条件下理化性质的改变。有研究报道高压热处理和微波熟制工艺对虾仁的蛋白质均具有显著影响, 可使其持水力下降, 导致虾仁的硬度和咀嚼性降低, 口感变差, 虾仁质量下降。^[4-5] 而本实验探究了不同烹调方式对虾肉的基础营养物质及质构特性指标的影响, 并利用拉曼光谱分析虾蛋白微观分子结构的变化, 研究两种烹调方法对蛋白二级结构的影响, 进一步挖掘明虾加工过程中主要营养物质和水分变化的原因, 从而为最佳烹调方式的制定提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料

明虾购自扬州万达永辉超市, 均为大小一致的新鲜活虾; 硫酸铜、硫酸钾、氢氧化钠、盐酸等无机试剂: 国药集团; 甘氨酸、N,N,N,N-四甲基乙二胺、 β -巯基乙醇等有机试剂: 北京金泰宏生物科技有限公司; Marker 蛋白、溴酚蓝: 生工生物有限公司。

1.2 仪器与设备

凯氏定氮仪: 杭州中灿科技有限公司; 索氏抽提器: 上海纤检仪器有限公司; TMS-pro 物性测定仪: 美国 FTC 公司; 调节式万用电炉: 南通市长江光学仪器有限公司; DYY-11 型电泳仪: 北京市六一仪器厂。

1.3 试验方法

1.3.1 样品制备

将购买的新鲜明虾, 冰水浴猝死。剥壳去虾线, 将虾仁从背部剖开, 用竹签沿背部穿过。将虾仁分别通过蒸制(取 500 mL 水加入电饭锅, 调至

收稿日期: 2020-02-10 *通信作者

基金项目: 扬州大学大学生科技创新基金项目(X201909040)

作者简介: 袁亚明, 男, 扬州大学食品科学与工程学院学生, 从事食品卫生与营养研究;

许慧卿, 女, 扬州大学食品科学与工程学院教授, 博士, 从事食品加工研究。

蒸煮模式)和焙烤(烤箱 65 °C 预热 15 min,调至上、下火 220 °C 模式)两种烹调方式加热,加热时间均为 5、10、15 min,新鲜生明虾肉作为对照组。

1.3.2 基础营养物质

参照国标的相关标准进行基础营养物质的测定,每个样品测定 3 次。水分、蛋白质、粗脂肪、灰分含量分别参照 GB/T 5009.3—2016、GB/T 5009.5—2016、GB/T 5009.6—2016、GB/T 5009.4—2016 测定。

1.3.3 质构分析

用物性分析仪采用二次挤压的 TPA 模式测定明虾肉样品的质构特性,包括硬度、弹性、咀嚼性等,具体参数参照文献[4]进行。

1.3.4 聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE)

取 0.1 g 打碎均质样品加入 1 mL Tris-HCl (pH=8.8),按照试剂盒中方法并参考文献[6]进行实验。

1.3.5 拉曼光谱分析

采用激光拉曼分析仪进行测试,每个样品测定 3 次。参考 ALIX 等^[7]的方法,计算明虾肉蛋白二级结构的相对含量。

1.3.6 数据分析

统计学分析利用 SPSS 19.0 软件,表中数据显示为平均数±标准差,数据间的显著性差异用不同字母表示($P < 0.05$)。

2 结果与分析

2.1 基础营养物质

经过烹调加工后,各处理组及生肉的基础营养物质情况见表 1。新鲜虾肉含水量为 74.65%,水分相对含量最低的是焙烤 15 min 组,含水量仅为 62.74%。两种烹调方式随着加热时间的延长,水分相对含量均呈现不断下降的趋势,焙烤处理组下降更为明显。在相同的烹调时间下,蒸制处理组的水分含量均高于焙烤处理组。而蒸制处理组的灰分相对含量均低于焙烤处理组。在相同的烹调方法下,粗蛋白相对含量随着烹调程度的提高均呈现不断上升的趋势;当烹调时间相同时,焙烤处理各组的粗蛋白相对含量均高于蒸制处理各组。新鲜明虾肉中粗脂肪相对含量较低,仅占 0.59%。焙烤 15 min 组粗脂肪相对含量最多(0.98%),其余各组粗脂肪含量同生肉组相比,相差不大。

表 1 明虾基础营养物质相对含量

处理方式	处理时间/min	水分/%	灰分/%	粗蛋白/%	粗脂肪/%
生肉	0	74.65 ± 0.15 ^f	1.59 ± 0.12 ^a	20.54 ± 0.79 ^a	0.59 ± 0.09 ^a
蒸制	5	72.07 ± 0.55 ^e	1.67 ± 0.10 ^{ab}	22.49 ± 0.51 ^b	0.68 ± 0.08 ^a
蒸制	10	70.72 ± 0.23 ^d	1.72 ± 0.14 ^{ab}	26.33 ± 0.59 ^d	0.77 ± 0.09 ^b
蒸制	15	69.52 ± 0.38 ^e	2.22 ± 0.55 ^e	27.96 ± 0.89 ^e	0.77 ± 0.11 ^b
焙烤	5	71.91 ± 0.90 ^e	2.00 ± 0.07 ^{bc}	24.85 ± 0.46 ^c	0.60 ± 0.07 ^a
焙烤	10	67.88 ± 0.28 ^b	2.63 ± 0.24 ^d	27.46 ± 0.01 ^e	0.64 ± 0.15 ^a
焙烤	15	62.74 ± 0.05 ^a	2.78 ± 0.06 ^d	32.94 ± 0.62 ^f	0.98 ± 0.17 ^c

注:同列数据中不同字母上标表示数值间差异显著($P < 0.05$)。

新鲜明虾肉的含水量高,两种烹调方法加热不同时间后,各处理组的水分相对含量同生肉相比明显降低,可能是由于高温使虾肉收缩,从而导致细胞内游离水溢出;此外,高温破坏了氢键,使蛋白质的分子结构稳定性下降,结构变疏松,水结合能力下降。^[8-9]由于明虾本身的脂肪含量较低,因此在较短的时间间隔内相对含量无显著性变化是可以理解的。ALSAGHIR 等^[10]在没有添加食用油的条件下观察到鱼样品水分损失较大且脂肪相对含量显著增加的现象。他们还发现,不饱和脂肪酸的总量无显著差异,说明脂质相对含量增

加是由于水分流失的结果。当烹调时间相同时,焙烤各组粗蛋白、灰分和粗脂肪相对含量均高于蒸制各组,而焙烤处理组水分散失均多于蒸制处理组,可能是因为焙烤的温度更高,对肌肉组织的破坏性更大,从而导致水分大量流失。孙鲁浩等^[11]比较了不同加热方式对虾的权重的影响,表明焙烤对虾的权重影响最大而蒸汽加热对虾仁的权重影响幅度明显低于焙烤组,结果与本实验相似。

2.2 质构特性

蒸制处理组和焙烤处理组的明虾肉硬度均随

着烹调时间的延长而增加;且当烹调时间相同时,焙烤处理组的硬度普遍大于蒸制处理组。加热至15 min,蒸制和焙烤处理组的硬度均下降。虾肉的咀嚼性在蒸制10 min时最大为126.51。蒸制处理组的黏附性随烹饪时间的延长呈先下降后上升的趋势,而焙烤各组的黏附性则出现了一直下

降的情况。两种烹调方式下明虾肉内聚性的变化情况与黏附性恰恰相反,蒸制处理组在加热前中期从0.10(生肉)增加到0.46(蒸制10 min),而加热后期略有降低。焙烤处理组的内聚性始终呈现上升的趋势,从0.10(生肉)增加到0.51(焙烤15 min)。

表2 明虾的质构特性

处理方式	处理时间/min	硬度/N	粘附性/mJ	内聚性/Ratio	弹性/mm	咀嚼性/mJ
生肉	0	51.70 ± 2.14 ^{ab}	2.10 ± 0.39 ^c	0.10 ± 0.02 ^a	1.66 ± 0.24 ^a	17.98 ± 1.76 ^a
蒸制	5	53.36 ± 1.75 ^{ab}	0.45 ± 0.16 ^b	0.40 ± 0.03 ^c	3.33 ± 0.38 ^d	86.51 ± 11.54 ^{bc}
蒸制	10	56.40 ± 9.18 ^b	0.34 ± 0.14 ^{ab}	0.46 ± 0.04 ^d	4.06 ± 0.39 ^e	126.51 ± 29.92 ^d
蒸制	15	42.00 ± 8.62 ^a	0.40 ± 0.15 ^b	0.45 ± 0.05 ^d	3.83 ± 0.13 ^e	89.01 ± 16.34 ^{bc}
焙烤	5	60.63 ± 6.71 ^b	0.38 ± 0.18 ^b	0.29 ± 0.03 ^b	2.39 ± 0.09 ^b	56.60 ± 12.89 ^b
焙烤	10	74.46 ± 7.31 ^c	0.32 ± 0.08 ^{ab}	0.48 ± 0.02 ^{de}	2.89 ± 0.12 ^{cd}	113.62 ± 8.06 ^{cd}
焙烤	15	56.53 ± 8.38 ^b	0.15 ± 0.06 ^a	0.51 ± 0.02 ^e	2.76 ± 0.20 ^{bc}	94.19 ± 17.03 ^{cd}

注:同列数据中不同字母上标表示数值间差异显著($P < 0.05$)。

当烹调时间相同时,蒸制处理组的硬度均低于焙烤处理组。随着两种烹调方法加热时间的延长,明虾肉的硬度、弹性和咀嚼性呈上升的趋势,这与郭力等^[12-13]的研究结果基本一致。明虾肉的硬度与咀嚼性的上升趋势可能是由于加热导致肉蛋白分子的展开,此过程具有不可逆变性,内部疏水基团暴露,使得彼此相互连接紧密,形成凝胶结构,导致硬度增加。^[14]随着加热时间的不断延长,测得虾肉硬度、弹性和咀嚼性小幅下降,可能是水分子的剧烈运动进一步导致肌肉组织结构的松散,甚至是组织结构的松烂。^[8]

2.3 聚丙烯酰胺凝胶电泳(SDS-PAGE)

通过SDS-PAGE图(见图1)分析虾肉中蛋白质的变化,发现经过烹调加工后,各处理组蛋白质条带与生肉组相比都明显变浅。各处理组的95~180 ku附近的蛋白几乎完全降解,仅蒸制5 min处理组仍在180 ku附近有蛋白存在,但随着加热时间的延长,条带完全消失。各处理组在33~40 ku处均有蛋白存在,但随着烹调程度的提高,条带均变浅。焙烤5 min处理组蛋白质降解最少,几乎保留了33~95 ku附近的条带,但焙烤至15 min时,这些蛋白条带几乎完全消失。

结合SDS-PAGE分析虾肉中蛋白质的变化。在邹良亮等^[15]的梯度加热研究中,200 ku的肌球蛋白重链电泳条带随着加热时间延长而逐渐

消失,而44.3 ku的肌动蛋白在处理过程中无明显变化。TORNERG等^[16]在鸡肉加热过程中发现肌动蛋白电泳条带消失速度比肌球蛋白条带更慢。这些研究印证了本实验中大多数蛋白条带消失,而33~40 ku附近蛋白条带仍保留较完全的现象。另一方面,蛋白质条带的消失不排除是水溶性蛋白随着水分析出造成的。^[17]由于SDS-PAGE电泳条带表示的是较大的蛋白质分子聚集体的分子量范围值,^[18]经过高温熟制处理后,蛋白质的分子结构发生显著改变(包括大分子的解体),因此在电泳图中会发生条带的消失,但是其绝对含量不会发生变化,同时由于水分的减少及其他因素的影响反而还会导致粗蛋白的相对含量增加。

2.4 拉曼光谱分析蛋白二级结构

不同烹调方式下明虾肉拉曼光谱酰胺I带各二级结构含量变化情况见图2。加热后,蛋白二级结构有明显的变化。与生肉相比,两种烹调方式加热不同时间后,各处理组的 α -螺旋和 β -转角的相对含量均减少; β -折叠与无规卷曲的相对含量均增加。在两种烹调方式下, α -螺旋和 β -转角呈不断下降的趋势; β -折叠和无规卷曲则不断上升。当烹调时间相同时,焙烤处理组的 α -螺旋相对含量均低于蒸制处理组,焙烤处理组的 β -折叠相对含量均高于蒸制处理组。

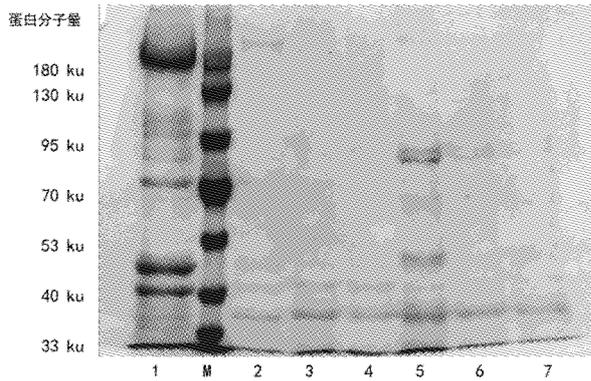


图1 不同烹调方式下明虾肉蛋白的 SDS-PAGE 结果

注: M 为标准蛋白; 1 为生肉; 2 为蒸制 5 min; 3 为蒸制 10 min; 4 为蒸制 15 min; 5 为焙烤 5 min; 6 为焙烤 10 min; 7 为焙烤 15 min。

两种烹调方式下,随着加热时间的延长,α-螺旋含量明显降低,应是由于链内氢键的断裂,肽链的解旋,结构松散所导致。^[8]β-折叠和无规卷曲含量呈现不断增长的趋势,大部分可能是由α-螺旋转换而来。^[19]当烹调时间相同时,焙烤处理组α-螺旋含量均低于蒸制处理组,β-折叠含量均高于蒸制处理组。SATOSHI 等^[20]认为蛋白质的热变性使二级结构发生变化,温度越高,二级结构变化越明显。

对虾肉蛋白进行二级结构分析,发现高温焙烤使α-螺旋含量明显增加,通过皮尔逊相关性分析,发现蛋白二级结构的改变与营养成分、质构特性间具有显著相关性(见表3、表4)。

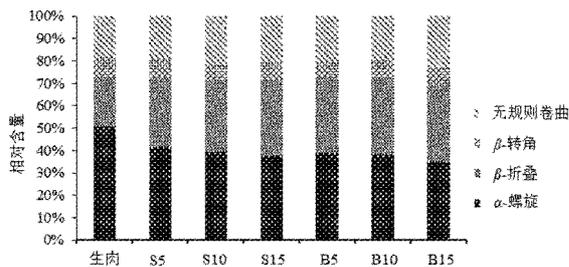


图2 蛋白质二级结构相对含量

注: S5、S10、S15 分别表示蒸制 5 min、10 min、15 min 的虾肉; B5、B10、B15 分别表示焙烤 5 min、10 min、15 min 的虾肉。

表3 α-螺旋含量与基础营养物质间的皮尔逊相关性分析

项目	水分	灰分	粗蛋白	粗脂肪
α-螺旋含量	0.716**	-0.505*	-0.791**	-0.653**

注: **表示 $P < 0.01$; *表示 $P < 0.05$ 。

表4 α-螺旋含量与物性指标间的皮尔逊相关性分析

项目	硬度	黏附性	内聚性	弹性	咀嚼性
α-螺旋含量	0.71	0.872**	-0.929**	-0.767**	-0.741**

注: **表示 $P < 0.01$ 。

3 结论

本实验研究表明,两种烹调方式对明虾肉加热不同时间后,其主要营养成分和主要物性指标(质构特性)发生了显著性变化;33~180 ku 蛋白条带逐渐消失,同时检测到α-螺旋和β-转角的相对含量下降,表明蛋白二级结构的改变。进一步对明虾的蛋白二级结构分析发现,焙烤比蒸制对明虾的蛋白质二级结构引起的变化更为明显。对α-螺旋含量与基础成分含量、物性指标间进行皮尔逊相关性分析,结果表明α-螺旋含量的降低显著影响虾肉的营养与口感。因此从营养成分保留的角度考虑,蒸制 10 min 左右或许更好地保留了营养成分;但是焙烤带来的独特风味是无可替代的,本研究将在后续进一步分析两种不同烹调方式对虾肉风味的影响及与营养成分变化之间的关系,并提出更加合理的烹饪建议。

参考文献:

- [1] 陈书畅,徐晔,吴龙华,等. 南非斑节对虾和中国明对虾肌肉营养成分分析比较[J]. 水产科技情报, 2019, 46(5):283-286.
- [2] 徐子昂,司明志,朱兆威,等. 基于万能蒸烤箱的叉烧肉制熟工艺研究[J]. 美食研究, 2019, 36(3): 45-48.
- [3] 沈晖. 不同蒸制条件对鲈鱼肉挥发性风味化合物的影响[J]. 美食研究, 2019, 36(2):33-37.
- [4] 郑礼娜,林洪,刘一璇,等. 不同热加工方式对刀额新对虾过敏原活性的影响[J]. 水产学报, 2011, 35(3):466-471.
- [5] 池岸英. 凡纳滨对虾微波蒸煮参数优化及风味成分分析[D]. 湛江: 广东海洋大学, 2012.
- [6] 汪家政,范明. 蛋白质技术手册[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 77-100.
- [7] ALIX A J P, PEDANOU G, BERJOT M. Fast determination of the quantitative secondary structure of proteins by using some parameters of the Raman amid I band [J]. Journal of Molecular Structure, 1988, 174(5): 159-164.

- [8] 高瑞昌, 李雯雯, 孙璐, 等. 凡纳滨对虾肌肉蛋白质的热变性及其对品质的影响[J]. 中国食品学报, 2014, 14(7): 73 - 78.
- [9] DANAE L, SIEW Y Q, LAURENCE E. Effect of cooking method on the fatty acid profile of New Zealand King Salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*) [J]. Food Chemistry, 2009, 119(2): 785 - 790.
- [10] ALSAGHIR S, THURNER K, WAGNER K H, et al. Effects of different cooking procedures on lipid quality and cholesterol oxidation of farmed salmon fish (*Salmo salar*) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2004(52): 5290 - 5296.
- [11] 孙鲁浩, 毛伟杰, 张伟鸿, 等. 不同加热方式下凡纳滨对虾品质的比较分析[J]. 现代食品科技, 2018, 34(9): 165 - 170.
- [12] 郭力, 过世东, 刘海英. 盐煮和微波加热对即食龙虾质构的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2011, 30(3): 376 - 380.
- [13] MOHAMMAD S R. Instrumental texture profile analysis (TPA) of date flesh as a function of moisture content [J]. Journal of Food Engineering, 2005(66): 505 - 511.
- [14] 管斌, 林洪, 王广策. 食品蛋白质化学[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005: 318 - 320.
- [15] 邹良亮, 康怀彬, 张慧芸, 等. 高温处理对牛肉蛋白质组分及其降解的影响[J]. 食品与机械, 2017, 33(11): 18 - 22.
- [16] TORNBERG E. Effects of heat on meat proteins—Implications on structure and quality of meat products [J]. Meat Science, 2004, 70(3): 493 - 508.
- [17] 李晓龙, 刘书成, 解万翠, 等. 水煮加热虾肉蛋白变化研究[J]. 食品工业科技, 2015, 36(15): 66 - 69.
- [18] 唐亚丽, 施用晖, 赵伟, 等. 聚丙烯酰胺凝胶电泳及其在食品检测中的应用[J]. 食品与发酵工业, 2007, 12(12): 111 - 116.
- [19] 高文宏, 叶瑞森, 潘廷跳, 等. 基于拉曼光谱解析冻藏过程中鱼糜蛋白的结构变化[J]. 食品科学, 2018, 39(24): 71 - 77.
- [20] SATOSHI Y, TOSHITSUGU Y, KOMEI S, et al. Analyses by Fourier transform infrared spectroscopies of protein structures of soluble NADH - cytochrome *b*5 reductases prepared by site - directed mutagenesis: comparison with ferredoxin - NADP reductase [J]. Biospectroscopy, 1997, 3(3): 215 - 223.

Effects of two cooking methods on nutritional quality and texture of prawns

YUAN Yaming, XUN Ruilong, YU Xiaofan, SHEN Xin, ZHOU Huan, XU Huiqing

(College of Food Science and Engineering, Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225127, China)

Abstract: Steaming and roasting were used to investigate cooking means on the nutritional quality and texture of prawn meat by determining the basic nutritional components, texture characteristics, protein degradation and protein secondary structure. The results suggested that compared with raw material, the water content of treated prawns decreased, the relative content of fundamental compositions including crude protein, ash and crude fat increased. The hardness, spring and chewiness of prawn meat increased first and then decreased as heating time prolonged with more significant changes in the roasted group. SDS - PAGE showed more significant protein degradation in treated groups compared with the control. Raman spectra showed that as cooking time prolonged, the content of α - helices and β - turns of prawn protein decreased, the content of β - sheets and random coils increased. Pearson correlation analysis showed that the content of α - helices significantly affected the nutrition and texture quality of prawn meat. Roasting had more significant effect on the nutritional quality and texture of prawn meat and changes in protein structure than steaming.

Key words: cooking means; prawn; nutrient; texture, secondary structure

(责任编辑:赵 勇)