

热加工方式对鱼汤营养成分及食用品质的影响

郑佳楠^{1,2}, 韩琳^{1,2}, 王悦^{1,2}, 姜鹏飞^{1,2}, 秦磊^{1,2}, 董秀萍^{1,2*}

(¹大连工业大学食品学院 食品交叉科学研究院 辽宁大连 116034

²国家海洋食品工程技术研究中心 海洋食品精深加工关键技术省部共建协同创新中心
辽宁省海产品精深加工产业共性技术创新平台 辽宁大连 116034)

摘要 以新鲜乌鳢为原料,分别在常压、高压处理方式熬制鱼汤。通过营养成分、色泽、滋味物质等指标的测定,结合感官评价,探究不同热加工方式对鱼汤营养成分及食用品质的影响。结果表明,与传统热加工方式相比,高压处理的鱼汤可溶性固形物含量与粗蛋白含量均达到 4%以上;矿物质元素 Na 和 K 含量达到 8 000 mg/L 以上,Ca 和 Mg 含量达到 1 000 mg/L 以上;水解氨基酸总量达到 300 mg/L 以上。其中,必需氨基酸、水解氨基酸含量分别高出常压处理约 6 倍和 3 倍。高压处理方式下,鱼汤游离氨基酸总量和鲜味氨基酸含量均提高 1 倍以上,与电子舌鲜味检测结果一致。常压处理后鱼汤虽然香气较好,接受度较高,而其滋味和营养成分要逊于高压处理鱼汤。结论:高压处理的鱼汤能较好地保持乌鳢的营养性能,鱼汤香气较浓郁,口感好。该加工方法在鱼汤制备中的应用,可有助于实现乌鳢资源的全效利用,提高资源利用率和经济效益。

关键词 热加工; 鱼汤; 营养成分; 品质

文章编号 1009-7848(2023)06-0222-10 DOI: 10.16429/j.1009-7848.2023.06.023

乌鳢(*Channa argus*),又名黑鱼、乌鱼、火头等,是我国的淡水鱼之一,广泛分布于我国各大水系中,2020 年全国养殖产量为 501 095 t,较 2019 年增长 8.46%^[1]。乌鳢肉质鲜嫩,富含蛋白质等营养物质,其中必需氨基酸含量丰富,还含有丰富的钙、镁、铁和锌等^[2],具有较高的食疗价值和生物活性^[3],被视为术后人群恢复的滋补品^[4]。乌鳢的传统食用方法为熬汤,受传统加工工艺的制约和限制,乌鳢资源利用率较低。合理开发利用乌鳢资源具有良好的市场价值。

汤是我国饮食文化不可或缺的重要组成部分,在我国一直有“无汤不成席”的说法。肉汤的熬制是水中溶入肌肉和骨骼中的营养素,进而形成独特风味的过程。目前,国内关于汤的研究报道集中在畜禽汤的加工工艺及营养风味等方面。曹雁平等^[5]研究发现,高压煮骨工艺能较好地保留猪骨汤原有的风味。项怡等^[6]研究发现,甲鱼鸡汤最佳熬煮工艺为高压 40 min,在此条件下,汤的营养指标和感官品质达到较优水平。常亚楠等^[7]通过测定

游离氨基酸(FAA)在鸡汤中的含量发现,在煮制时间 120 min 内,鸡汤随煮制时间延长变得更加鲜美可口,且营养价值高。

鱼汤因味道鲜美、营养丰富而深受人们的喜爱。高压熬煮是汤品工业化未来的发展趋势。朱琳芳^[8]研究发现,脱腥和油炸处理改善了方便鱼汤的感官品质。步营等^[9]研究发现,鲑鱼骨汤的最佳熬制工艺为料水比 1:2、温度 110 ℃、时间 2 h。此外,王媛媛等^[10]研究发现,高压蒸煮使鱼头中总固形物、氨基酸态氮、蛋白质和核苷酸等物质更多地溶出,获得较多的挥发性物质,更适于鲑鱼头汤加工。本试验以乌鳢为原料,采用传统常压熬煮与高压结合破碎(前期预试验研究发现,常压处理后乌鳢鱼汤不能被破碎,而高压处理后鱼汤被破碎得到全鱼汤)制备全鱼汤,探究不同热加工方式对鱼汤中基本营养成分、矿物质元素、氨基酸含量及感官品质的影响,以期实现乌鳢原料利用最大化,为其工业化生产提供更多的依据。

1 材料与方法

1.1 材料与设备

新鲜乌鳢:购自大连工业大学西门市场。

丙酮、异丙醇、氯胺 T、高氯酸、对二甲氨基苯甲醛、浓硫酸、硝酸、氯化钾、冰醋酸、一水柠檬酸、

收稿日期:2022-06-17

基金项目:国家重点研发计划“蓝色粮仓科技创新”重点专项(2019YFD0902000)

第一作者:郑佳楠,女,硕士生

通信作者:董秀萍 E-mail: dxiuping@163.com

氢氧化钠、无水乙醚、乙醇、苯甲醛;均为分析纯。

高速冷冻离心机(CF16RXII),日立公司;酶标定量测定仪(M200型),瑞士 Tecan Infinite 公司;全自动凯氏定氮仪(SKD-1000),上海沛欧分析仪器有限公司;手持式折射仪(DT80),常州德社精密仪器有限公司;智能电高压锅(MY-YL50Easy203),广东美的生活电器制造有限公司;电子舌(TS-5000Z),Insent 有限责任公司;测色仪(UltraScan PRO),HunterLab 有限责任公司;氨基酸分析仪(LA 8080),日本 Hitachi 公司。

1.2 试验方法

1.2.1 鱼汤的制备工艺

新鲜乌鳢→预处理→油煎/不油煎→常压熬煮→过滤→常压鱼汤
 →高压熬煮→破碎→过滤→高压鱼汤

1.2.2 乌鳢鱼块的预处理 新鲜乌鳢宰杀后去血、去内脏,对半切分清洗,选取 500 g 鱼块,用 1 g/100 mL 食盐溶液以质量比 2:1(溶液/鱼块)浸泡脱腥 1 h。

1.2.3 乌鳢全鱼汤的制备 油煎处理:预处理后鱼块在 160 ℃下用 30 mL 植物油油煎处理 2 min。

常压熬煮:鱼块经油煎/不油煎后,加水(1:2, g/mL)进行常压熬煮 2 h,添加沸水至熬煮前质量。经 40 目筛过滤后得常压-不油煎(CB)和常压-油煎(CY)鱼汤。

高压熬煮:鱼块经油煎/不油煎后,加水(1:2, g/mL)进行高压熬煮(30, 45, 60 min, 70 KPa),添加沸水至熬煮前质量。经破碎处理(60 s)后过 40 目筛得高压油煎-30 min(GY-30), 高压油煎-45 min(GY-45), 高压油煎-60 min(GY-60)和高压不油煎-60 min(GB-60)鱼汤。

1.2.4 鱼汤营养成分的测定 粗蛋白:参照 GB 5009.5-2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》中的凯氏定氮法。

粗脂肪:参照 GB 5009.6-2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中的索氏抽提法。

可溶性固形物:手持式折射仪测定经 4 层纱布过滤后的鱼汤。

羟脯氨酸:称取鱼汤样品 0.5 g 于安瓿瓶中,加入 3 mL 盐酸(6 mol/L),密封后水解 4 h(130 ℃)。调节 pH 至 6,并用去离子水定容至 25 mL。参

考杨洋^[11]的方法以 L-羟脯氨酸作为标准品,进行羟脯氨酸的测定,羟脯氨酸的标准曲线回归方程为:

$$y=0.042x+0.058 \quad (R^2=0.994) \quad (1)$$

矿物质元素:采用湿式消解法处理样品,消解液用水定容至 50 mL,并用 0.22 μm 滤膜过滤,收集的滤液参照 GB 5009.268-2016《食品安全国家标准 食品中多元素的测定》中的电感耦合等离子体发射光谱法(ICP-OES),测定矿物质元素钾(K)、钠(Na)、钙(Ca)、镁(Mg)、铁(Fe)、锌(Zn)的含量。

1.2.5 氨基酸的测定 水解氨基酸:参照 GB 5009.124-2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸的测定》进行测定。

游离氨基酸:鱼汤样品与乙醇以 1:3(V/V)混合,离心 15 min(4 ℃、5 000 r/min),取上清液与丙酮以 1:2(V/V)混合,再离心 10 min(4 ℃、8 000 r/min),取上清液 2 mL,真空旋蒸干燥后,用 1 mL 0.02 mol/L 盐酸溶液复溶后过 0.22 μm 滤膜,用氨基酸分析仪对滤液进行检测。

1.2.6 色泽的测定 采用总透射模式对鱼汤样品的 L^* 、 a^* 、 b^* 值测定,按照下式计算产品的白度(W):

$$W=100-\sqrt{(100-L^*)^2+b^{*2}+a^{*2}} \quad (2)$$

式中:W——样品的白度; L^* ——样品的明暗度, $L^*=0$ 为黑色, $L^*=100$ 为白色; b^* ——样品的黄蓝程度; a^* ——样品的红绿程度。

1.2.7 电子舌的测定 不同组别鱼汤样品均用去离子水稀释 5 倍后,使用电子舌进行滋味测定。

1.2.8 感官评定 采用的感官评分法对鱼汤外观、滋味、气味、综合 4 个方面进行评价,评分范围是 1~9 分。评价员由 10 名食品专业学生组成,男女各 5 名。感官评定时,将常压条件和稀释后的高压条件的鱼汤复热到 65 ℃,每人 30 mL 鱼汤进行感官评定。每项指标评分以 9 分为满分,具体评定表见表 1。

1.2.9 数据处理 采用 SPSS 22.0 软件进行鱼汤不同处理组别之间的统计分析,明确不同热加工方式制备的鱼汤样品间是否存在显著性差异,采用 Origin 2019b 和 MetaboAnalyst 作图。

表 1 感官评定表

Table 1 Sensory evaluation table

指标	评分依据	评分标准
外观	汤汁呈乳白色,颜色均匀	7~9分
	汤汁较清澈,呈浅白或浅灰白色,均匀	6~4分
	汤汁过浅或过深,出现分层不均匀	1~3分
滋味	味道鲜美纯正,有鱼的特征香味,无腥味	7~9分
	汤味浓郁,但鲜味不足	6~4分
	鱼腥味重,味道不协调	1~3分
气味	无腥味,鱼香味浓郁	7~9分
	腥味较淡,有特有的鱼香味,可以接受	6~4分
	很腥,有异味	1~3分
口感	汤汁入口细腻鲜美,黏稠度均匀	7~9分
	汤汁较细腻,微有颗粒感	6~4分
	汤汁粗糙,有颗粒感,不均匀	1~3分
综合	可接受	7~9分
	一般接受	6~4分
	不接受	1~3分

2 结果与分析

2.1 不同热加工方式对乌鳢鱼汤营养成分的影响

不同热加工方式下的6组鱼汤营养成分含量如图1所示,高压处理鱼汤的粗蛋白、粗脂肪、可溶性固形物和羟脯氨酸的含量显著高于常压处理鱼汤($P<0.05$),GB-60组粗蛋白和羟脯氨酸含量最高,分别可达6.56%和1.31 mg/g;GY-60组粗脂肪和可溶性固形物含量最高,分别2.62%和5.20%。可能由于高压熬煮使部分水溶性蛋白质及脂肪在高压作用下从乌鳢肌肉组织中溶出,使汤中的粗蛋白和粗脂肪含量显著升高。同时,在高压熬煮与破碎的过程中,乌鳢的肌肉、鱼皮和鱼骨中的糖、酸、维生素、矿物质等水溶性成分溶入汤中,使得汤中可溶性固形物含量升高^[12-13]。羟脯氨酸是胶原的特征氨基酸,常作为胶原蛋白含量变化的指示物,高压处理可软化骨头,使骨蛋白变性,将内部非极性基团暴露至分子表面,加强骨蛋白的水溶性^[14-15],同时高压处理过程能进一步促进其中胶原蛋白的水解,使鱼汤

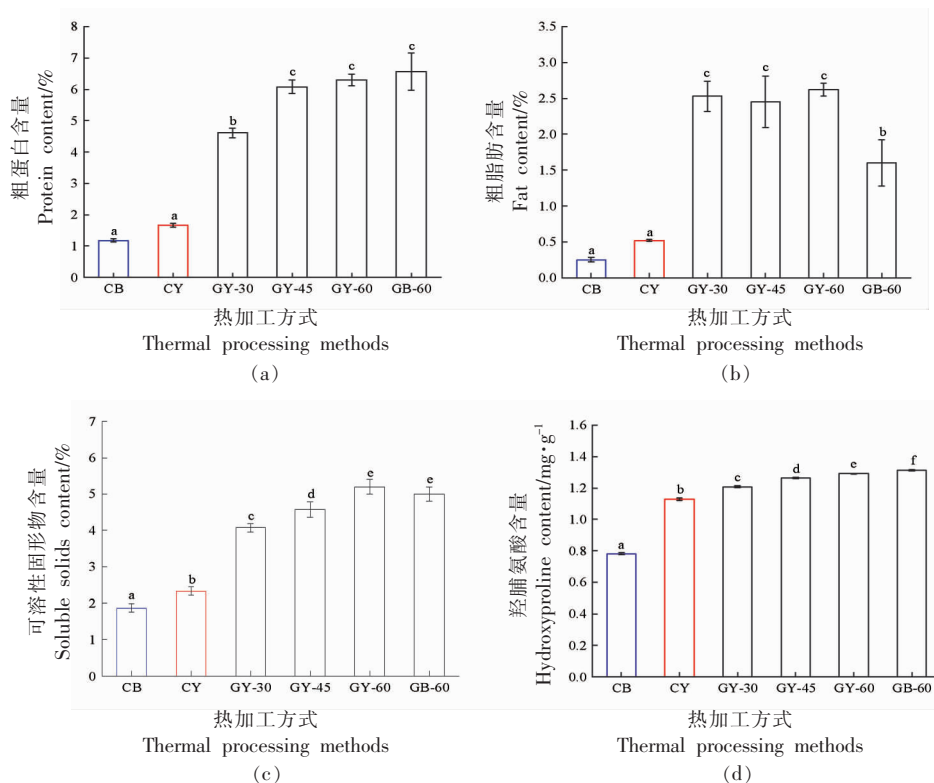


图 1 热加工方式对鱼汤营养成分的影响

Fig.1 Effect of different thermal processing methods on nutritional components of fish soup

中羟脯氨酸含量显著升高($P<0.05$)。综上所述,高压处理方式能促进汤中鱼肉营养物质的释放和分解,使汤中营养成分含量增加,提升汤的营养价值。

矿物质作为人体中不可缺少的营养元素,不仅满足生长发育的营养需求,还能够起到参与和促进机体代谢等作用。不同热加工方式下的 6 组鱼汤矿物质元素含量如图 2 所示。鱼汤经高压处理后,矿物质元素显著高于常压处理的鱼汤,随着高压熬煮时间的延长,鱼汤中 Ca、Mg 和 Zn 含量显著增加($P<0.05$),GY-60 组中 Ca 含量为 CY 组

的 35 倍,Mg 含量为 CB 处理组的 6 倍,Zn 含量为 CB 组的 15 倍,Fe 含量为 CB 处理组的 24 倍。K、Ca、Mg、Fe 和 Zn 主要存在于乌鳢中鱼骨和鱼鳍中^[16],经高压熬煮结合破碎处理后,鱼骨、鱼鳍矿物质元素更好的释放并溶于鱼汤中,显著提高鱼汤中矿物质元素含量($P<0.05$)。高压处理方式使乌鳢鱼汤中 K、Ca、Mg、Zn 增加,不但可增强鱼汤营养的功能,并且可能具有一定的药理功效,这些矿物质元素可能是乌鳢鱼汤能增强机体抗感染和促进术后伤口愈合的重要保障^[17-19]。

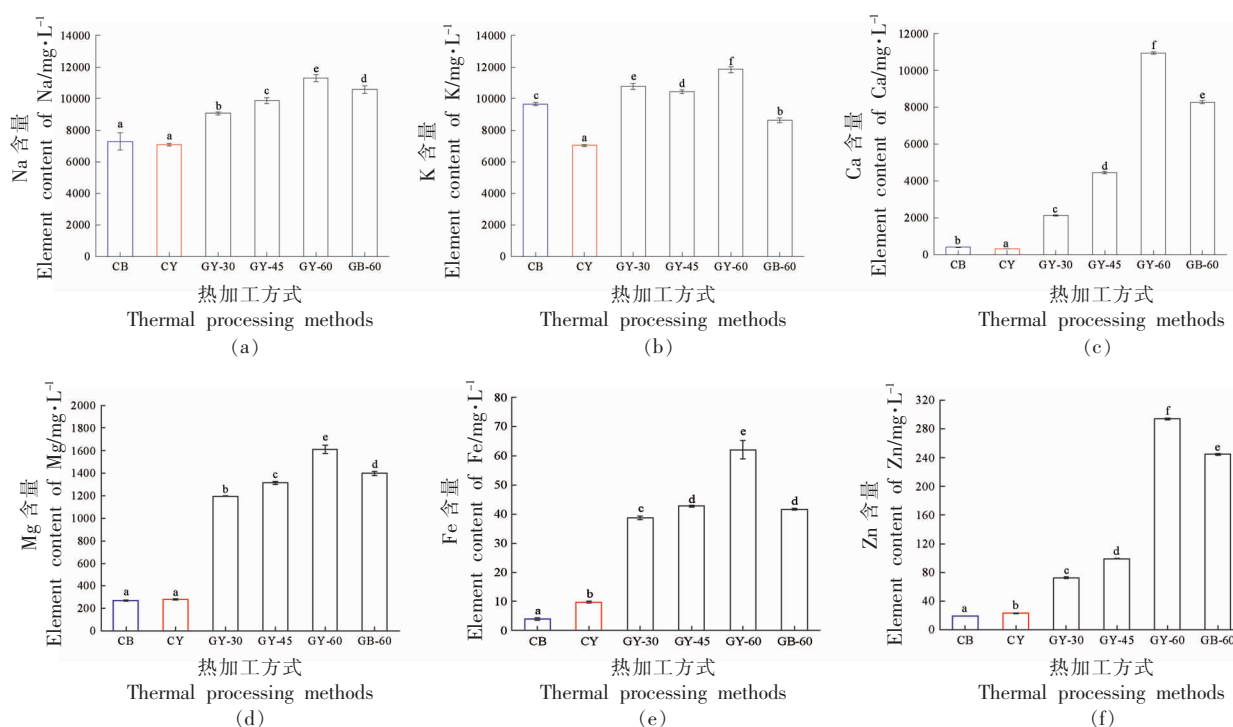


图 2 热加工方式对鱼汤矿物质元素含量的影响

Fig.2 Effect of different thermal processing methods on mineral element content of fish soup

不同热加工方式下各组水解氨基酸的组成如图 3 所示,高压处理组氨基酸含量显著高于常压处理组,GY-60 组必需氨基酸总量最高,为 1646.05 mg/100 mL,该处理方式下鱼汤中各必需氨基酸含量也均显著高于其余处理组($P<0.05$)。随着高压处理时间的延长,氨基酸更易水解进入汤中,高压 60 min 时,鱼汤中氨基酸含量最高,其中组氨酸含量为 117.58 mg/100 mL。组氨酸是婴幼儿生长发育所必需的氨基酸,因此高压熬煮可以作为婴幼

儿鱼汤加工的参考方法。高压处理方式可以增加鱼汤中氨基酸营养成分,王爱红等^[20]对牛肉汤烹制条件的研究也有相似发现,牛肉汤中氨基酸的含量随炖煮时间延长呈增加趋势。

2.2 不同热加工方式对乌鳢鱼汤色泽的影响

如图 4、表 2,CY 组的 L^* 值显著低于 CB 组($P\geq 0.05$),可能由于油煎处理使鱼汤中的脂肪含量增加,同时脂肪在熬煮过程中发生乳化反应,因此 CY 组白度(W)高于 CB 组。高压组 L^* 值显著低

于CY组($P<0.05$),且高压处理各组之间色泽无显著性差异($P>0.05$)。可能由于高压后鱼皮鱼骨及鱼肉被破碎并留在汤里,汤色受乌鳢组织熟化破碎影响,鱼肉蛋白受热变性导致白色居多,同时鱼

皮中的胶原蛋白受热分解为明胶分子溶于汤中,与具有乳化作用的蛋白质协同作用,使鱼汤颜色偏于白色^[21],高压处理组因破碎处理,汤中固形物含量较多,色泽差异不显著。

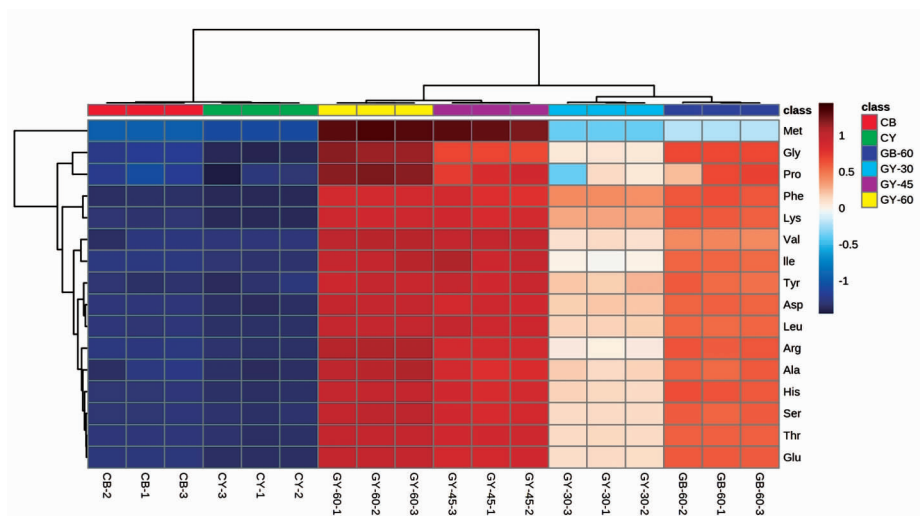


图3 鱼汤水解氨基酸聚类热图差异分析

Fig.3 Cluster heatmap difference analysis of hydrolyzed amino acids in soups

表2 热加工方式对鱼汤色泽的影响

Table 2 Effects of different thermal processing methods on the color of fish soup

项目	L^*	a^*	b^*	W^*
CB	8.02 ± 0.09^c	0.17 ± 0.17^b	5.59 ± 0.15^c	85.33 ± 0.06^a
CY	3.94 ± 0.05^b	-0.57 ± 0.07^a	4.20 ± 0.16^b	85.51 ± 0.04^b
GY-30	0.41 ± 0.03^a	-0.04 ± 0.30^b	0.14 ± 0.04^a	85.88 ± 0.00^c
GY-45	0.45 ± 0.06^a	0.03 ± 0.16^b	0.13 ± 0.06^a	85.89 ± 0.00^c
GY-60	0.37 ± 0.03^a	0.07 ± 0.08^b	0.29 ± 0.21^a	85.88 ± 0.00^c
GB-60	0.37 ± 0.05^a	-0.02 ± 0.26^b	0.08 ± 0.35^a	85.88 ± 0.00^c

注:同列不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

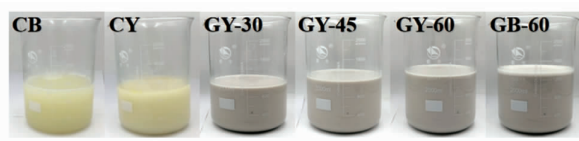


图4 不同乌鳢鱼汤图示

Fig.4 Different *Channa argus* soup display

2.3 不同热加工方式对乌鳢鱼汤滋味的影响

游离氨基酸是乌鳢鱼汤中重要的滋味和风味物质,其种类和含量显著影响鱼汤的鲜美程度^[22-24]。鲜味氨基酸的含量可影响鱼汤的滋味,鱼汤的游离氨基酸测定结果如图5所示,高压处理组游离

氨基酸总量和鲜味氨基酸总量均高于常压处理组鱼汤,其中GB-60组游离氨基酸总量最高,为50.64 mg/100 mL;GY-30组鲜味氨基酸总量最高,为2.42 mg/100 mL。鲜味氨基酸中,GY-30组谷氨酸含量最高,为2.07 mg/100 mL,天冬氨酸含量最高的是GB-60组,为0.49 mg/100 mL。经高压处理后鱼汤谷氨酸含量显著上升,谷氨酸鲜味很强,对汤风味具有显著影响^[25],可能是由于高压处理过程中,鱼中的滋味和风味物质在水中逐渐溶出释放,经过一定时间的熬煮,鱼肉和汤中的滋味和风味物质状态达到相对平衡,从而形成滋味和风味合适的鱼汤产品。综上,高压破碎可使汤中固体物

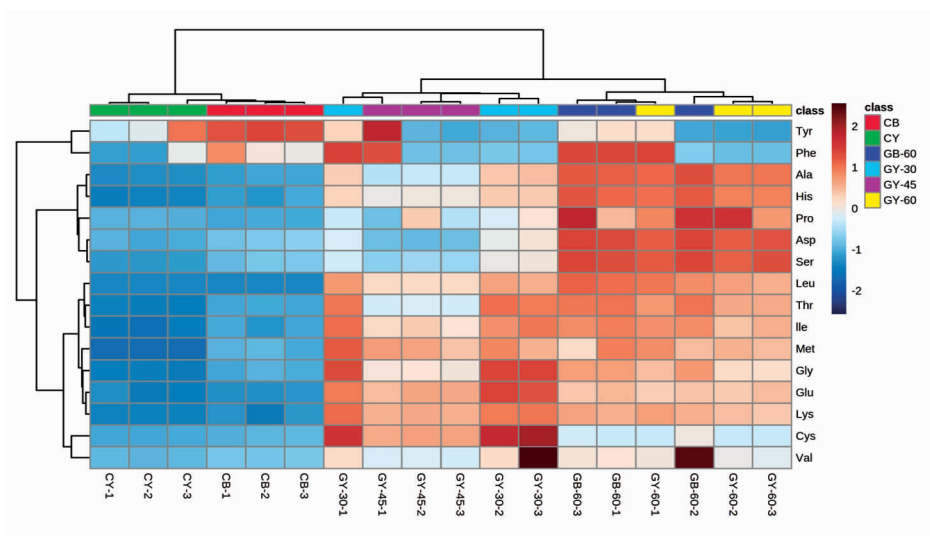


图 5 鱼汤游离氨基酸聚类热图差异分析

Fig.5 Cluster heatmap difference analysis of free amino acids in soups

质增多、汤汁浓稠、呈味氨基酸物质累积,汤汁滋味更醇厚。

鱼汤滋味是重要的食用品质,对于滋味的测定可以用电子舌测定表示。不同样品电子舌数据分析结果如图 6 所示,发现热加工方式对鱼汤样品的滋味有显著影响^[26-27]。高压熬煮结合破碎处理,使鱼中的蛋白质受热分解并溶入水中扩散,产生更多的风味前体物进入汤中,从而使鱼汤鲜味增强,这可能与鲜味氨基酸含量增加有关。随着高压时间的增加,汤中游离氨基酸含量发生变化,鱼汤的滋味进而发生变化。

2.4 不同热加工方式对乌鳢鱼汤食用品质的影响

感官评价结果如图 7 所示,不同热加工方式对鱼汤的外观、滋味、气味和口感均有影响。常压处理的鱼汤更为清亮,颜色更偏黄色,而高压处理下,时间越长,鱼汤越浓稠,呈现乳灰白色,这与表 2 结果一致。这可能是由于高压熬煮结合破碎处理,使过滤的鱼汤中留有更多的鱼肉鱼骨成分。GY-60 组鱼汤外观、气味和口感的评分高于其它处理组,而 CY 组鱼汤滋味和整体感官接近传统烹饪鱼汤,其综合感官评分高于其它组鱼汤。常压

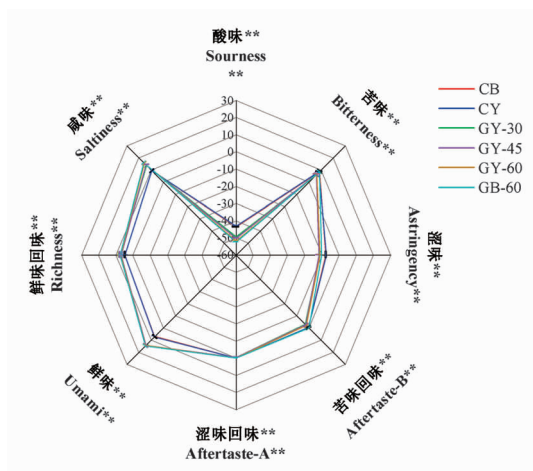


图 6 热加工方式对鱼汤电子舌滋味的影响

Fig.6 Effect of different thermal processing methods on the taste of electronic tongue in fish soup

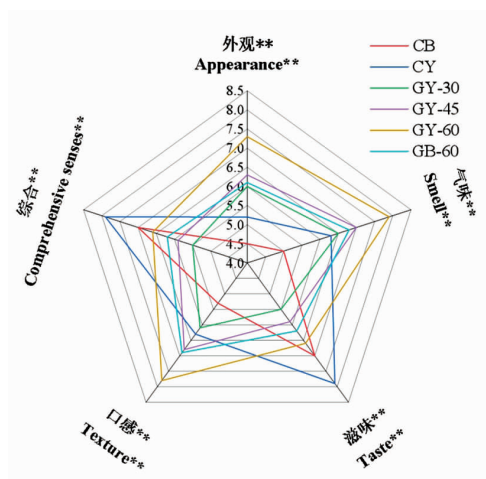


图 7 不同热加工方式对乌鳢鱼汤感官品质的影响

Fig.7 Effects of different thermal processing methods on sensory quality of snakehead fish soup

条件下的鱼汤较高压组鱼汤清新寡淡,在高压油煎加工条件下,鱼汤的感官品质明显提升,可能是由于加热温度的提高和热加工时间的延长,水溶性蛋白质、脂肪和呈味氨基酸等滋味物质含量发生明显变化^[28-29]。

随着热加工时间延长,汤中蛋白含量增加,溶入到汤中的蛋白质、脂肪、可溶性固形物、矿物质元素、呈味氨基酸等越多,可使汤的口感更稠厚,肉香味更浓^[30-31]。相关研究中,Qi等^[32-33]研究了热加工时间对鸡汤风味及蛋白含量变化的影响,炖煮时间对改善鸡汤的风味有积极作用。鱼汤中滋味物质的产生和形成是一个循序渐进的过程,传统鱼汤通常需要长时间热加工处理,要求加热时间既能达到汤的滋味和风味物质的形成要求,又要对其进行控制,在保证感官效果较优的同时以求经济高效。高压条件下,尤其GY-60的加工处理方式可以得到滋味鲜美、气味浓郁的营养鱼汤,并满足工业化要求。

3 结论

高压处理相较于常压处理有利于蛋白质、糖和无机盐等营养风味物质发生热降解,形成营养丰富、滋味鲜美的汤汁,还会使鱼骨等组织结构变得软化松散,显著增加了其内容物的溶出。随着高压时间的延长,鱼汤营养成分含量增加,主要是鱼肉和鱼骨中的蛋白质和脂肪等在高压加热作用下发生热降解,以及水溶性物质和矿物质元素逐渐向汤汁中溶出所引起的。高压处理使鱼汤变得浓稠,其明暗度低于常压鱼汤,但溶于汤中的蛋白质与脂肪发生乳化作用使高压鱼汤呈现白色。高压处理使鱼汤的呈味氨基酸、游离氨基酸含量升高,其中谷氨酸和天冬氨酸等鲜味氨基酸含量高于常压鱼汤。感官结果显示高压处理后鱼汤气味浓郁,外观和口感高于常压鱼汤。因此,本项研究表明高压处理方式缩短了鱼汤熬制时间,提高了鱼汤的营养成分含量,提升了鱼汤的感官品质,为汤品的研发和全面利用乌鳢鱼资源提供了依据。

参 考 文 献

[1] 于秀娟,徐乐俊,吴反修.中国渔业统计年鉴[M].

北京:中国农业出版社,2020:25.

YU X J, XU L J, WU F X. China fishery statistical yearbook [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020: 25.

[2] 喻志新,张哲溶,张玥,等.乌鳢的药理作用研究进展[J].亚太传统医药,2021,17(1):183-186.

YU Z X, ZHANG Z R, ZHANG Y, et al. Research progress on pharmacological activity of *Ophiocephalus argus* [J]. Asia-Pacific Traditional Medicine, 2021, 17(1): 183-186.

[3] HALIM N R A, YUSOF H M, SARBON N M. Functional and bioactive properties of fish protein hydrolysates and peptides: A comprehensive review [J]. Trends in Food Science & Technology, 2016, 51: 24-33.

[4] 张家国,杨晓梅,张长峰.乌鳢肌肉的营养组成与营养价值评价[J].食品研究与开发,2020,41(17):192-197.

ZHANG J G, YANG X M, ZHANG C F. Nutritional composition and nutritional value evaluation of *Channa argus* muscle [J]. Food Research and Development, 2020, 41(17): 192-197.

[5] 曹雁平,刘玉德,刘滨.骨素生产的煮骨工艺比较研究[J].食品科学,2002,23(8):136-138.

CAO Y P, LIU Y D, LIU B. Comparative study on bone cooking technology of bone mineral production [J]. Food Science, 2002, 23(8): 136-138.

[6] 项怡,李洪军,徐明悦,等.甲鱼鸡汤熬煮过程中品质变化研究[J].肉类工业,2015,415(11):28-33.

XIANG Y, LI H J, XU M Y, et al. Study on quality change of chicken soup with soft-shelled turtle in boiling process [J]. Meat Industry, 2015, 415(11): 28-33.

[7] 常亚楠,赵改名,柳艳霞,等.煮制对鸡肉及汤汁中游离氨基酸的影响[J].食品工业科技,2014,35(9):333-337,342.

CHANG Y N, ZHAO G M, LIU Y X, et al. Changes of free amino acids in chicken and its broth during cooking [J]. Science and Technology of Food Industry, 2014, 35(9): 333-337, 342.

[8] 朱琳芳.方便鱼汤加工技术与开发[D].无锡:江南大学,2012.

ZHU L F. Research and development on processing technology of convenience fish soup [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2012.

- [9] 步莹, 李月, 杨琬琳, 等. 鲑鱼骨汤的熬制及风味物质释放规律[J]. 现代食品科技, 2020, 36(3): 226-233.
BU Y, LI Y, YANG W L, et al. Cooking progress and flavor release of Alaska pollock frame soup[J]. Modern Food Science and Technology, 2020, 36(3): 226-233.
- [10] 王媛媛, 李学鹏, 王金厢, 等. 蒸煮方式对鲑鱼头汤呈味特性的影响[J]. 食品科学, 2021, 42(15): 58-65.
WANG Y Y, LI X P, WANG J X, et al. Effects of cooking methods on flavor characteristics of Pacific cod head soup[J]. Food Science, 2021, 42(15): 58-65.
- [11] 杨洋. 内源酶对刺参体壁自溶过程中蛋白质降解作用研究[D]. 大连: 大连工业大学, 2015: 21.
YANG Y. Contribution of endogenous enzymes to protein degradation in the autolysis of sea cucumber *Stichopus japonicus* body wall [D]. Dalian: Dalian Polytechnic University, 2015: 21.
- [12] 唐黎. 贵州水域乌鳢含肉率及肌肉营养成分分析[J]. 河北渔业, 2017(9): 18-22.
TANG L. Analysis of meat content and muscle nutrient composition of *Channa argus* in Guizhou waters[J]. Hebei Fisheries, 2017(9): 18-22.
- [13] 王桢璐, 谢少林, 王超, 等. 白甲乌鳢和乌鳢肌肉营养成分及血液生理生化指标的比较研究[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2018(5): 208-210.
WANG Z L, XIE S L, WANG C, et al. Comparative study on muscle nutrient components and blood physiological and biochemical indexes of *Opniocephalus argus var Kimnra* and *Ophiocephalus argus Canto*[J]. Heilongjiang Animal Science and Veterinary Medicine, 2018(5): 208-210.
- [14] LADISLAUS M K, YAN X, YAO W L, et al. Optimization of gelatine extraction from grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) fish skin by response surface methodology[J]. Bioresource Technology, 2007, 98(17): 3338-3343.
- [15] KOŁODZIEJSKA I, SKIERKA E, SADOWSKA M, et al. Effect of extracting time and temperature on yield of gelatin from different fish offal[J]. Food Chemistry, 2007, 107(2): 700-706.
- [16] 陈蓉, 杨素娇, 王爱兰, 等. 乌鳢 月鳢微量元素含量分析[J]. 微量元素与健康研究, 2000(4): 50-51.
CHEN R, YANG S J, WANG A L, et al. Determinations of the trace elements in *Channa argus* and *Channa asiatica*[J]. Studies of Trace Elements and Health, 2000(4): 50-51.
- [17] 吕小菊, 夏建平. 乌龙茶中微量元素含量对人体健康的影响研究[J]. 食品安全导刊, 2021(9): 13-14.
LV X J, XIA J P. Study on the effect of trace elements content in Oolong tea on human health[J]. China Food Safety Magazine, 2021(9): 13-14.
- [18] 刘芳芳, 杨少玲, 林婉玲, 等. 七种海水鱼背部肌肉营养成分及矿物元素分布与健康评价[J]. 水产学报, 2019, 43(11): 2413-2423.
LIU F F, YANG S L, LIN W L, et al. Nutritional components and mineral element distribution and health evaluation of back muscle of seven marine fishes[J]. Journal of Fisheries of China, 2019, 43(11): 2413-2423.
- [19] ZHANG G N, ZHENG S J, FENG Y Q, et al. Changes in nutrient profile and antioxidant activities of different fish soups, before and after simulated gastrointestinal digestion [J]. Molecules, 2018, 23(8): 1965.
- [20] 王爱红, 徐桂华, 杜世正, 等. 不同烹制方法的牛肉及牛肉汤氨基酸含量对比[J]. 齐齐哈尔医学院学报, 2015, 36(15): 2315-2316.
WANG A H, XU G H, DU S Z, et al. Comparison of amino acid content between beef and beef soup prepared by different cooking methods[J]. Journal of Qiqihar Medical College, 2015, 36(15): 2315-2316.
- [21] 朱琳, 陈丽丽, 袁美兰, 等. 加工方法对乌鱼汤营养成分的影响[J]. 中国调味品, 2017, 42(9): 61-64.
ZHU L, CHEN L L, YUAN M L, et al. Effect of processing methods on the nutritional components of mullet soup [J]. China Condiment, 2017, 42(9): 61-64.
- [22] 苏欣, 黄春红, 曹菊花. 淡水鱼鱼肉风味物质及其影响因素研究进展[J]. 肉类研究, 2018, 32(8): 64-68.
SU X, HUANG C H, CAO J H. Review of flavor substances in freshwater fish and factors influencing them[J]. Meat Research, 2018, 32(8): 64-68.
- [23] 武彦文, 欧阳杰. 氨基酸和肽在食品中的呈味作用[J]. 中国调味品, 2001(1): 21-24.
WU Y W, OUYANG J. Taste-developing effects of amino acids and peptides in food[J]. China Condi-

- ment, 2001(1): 21–24.
- [24] CHIANG P D, YEN C T, MAU J L. Non-volatile taste components of various broth cubes [J]. Food Chemistry, 2007, 101(3): 932–937.
- [25] NISHIMURA T, KATO H. Taste of free amino acids and peptides [J]. Food Reviews International, 1988, 4(2): 175–194.
- [26] 刘建波, 张君才, 王晓玲, 等. 电子舌及其在酒类区分辨识方面的研究进展 [J]. 光谱实验室, 2013, 30(3): 1068–1070.
- LIU J B, ZHANG J C, WANG X L, et al. Research progress of electronic tongue and its liquor distinguish identification [J]. Chinese Journal of Spectroscopy Laboratory, 2013, 30(3): 1068–1070.
- [27] 李军. 不同部位牛肉炖煮的风味区别分析 [J]. 现代食品, 2019(7): 165–166, 172.
- LI J. Analysis of flavor difference of stewed beef in different parts [J]. Modern Food, 2019(7): 165–166, 172.
- [28] 杨平, 王瑶, 宋焕禄, 等. 不同熬制条件下猪肉汤中滋味成分的变化 [J]. 中国食品学报, 2018, 18(12): 247–260.
- YANG P, WANG Y, SONG H L, et al. Analysis of non-volatile flavor components in pork broth with different cooking conditions [J]. Journal of Chinese Institute of Food Science and Technology, 2018, 18(12): 247–260.
- [29] 韩忠, 蔡梦洁, 成军虎, 等. 微波对天麻鱼头汤营养和安全性影响 [J]. 现代食品科技, 2018, 34(2): 123–128, 279.
- HAN Z, CAI M J, CHENG J H, et al. Effects of microwave processing on the nutrition and safety of Gastrodia and fish head soup [J]. Modern Food Science and Technology, 2018, 34(2): 123–128, 279.
- [30] 邵颖, 李飞, 张孔海, 等. 商城老鸭汤的制备工艺条件优化 [J]. 中国调味品, 2021, 46(7): 129–134.
- SHAO Y, LI F, ZHANG K H, et al. Optimization of preparation process conditions of Shangcheng old duck soup [J]. China Condiment, 2021, 46(7): 129–134.
- [31] 刘登勇, 刘欢, 张庆永, 等. 扒鸡卤汤反复煮制过程中主要非盐呈味物质的累积效应 [J]. 食品工业科技, 2018, 39(19): 64–69, 75.
- LIU D Y, LIU H, ZHANG Q Y, et al. Cumulative effect of main non-salt taste compounds on braised chicken brine during repeated braising [J]. Science and Technology of Food Industry, 2018, 39(19): 64–69, 75.
- [32] QI J, LIU D Y, ZHOU G H, et al. Characteristic flavor of traditional soup made by stewing Chinese yellow-feather chickens [J]. Journal of Food Science, 2017, 82(9): 2031–2040.
- [33] QI J, WANG H H, ZHANG W W, et al. Identification and characterization of the proteins in broth of stewed traditional Chinese yellow-feathered chickens [J]. Poultry Science, 2018, 97(5): 1852–1860.

Effects of Thermal Processing Methods on Nutritional Components and Edible Quality of Fish Soup

Zheng Jia'nan^{1,2}, Han Lin^{1,2}, Wang Yue^{1,2}, Jiang Pengfei^{1,2}, Qin Lei^{1,2}, Dong Xiuping^{1,2*}

¹Academy of Food Interdisciplinary Science, School of Food Science and Technology, Dalian Polytechnic University, Dalian 116034, Liaoning

²National Engineering Research Center of Seafood, Collaborative Innovation Center of Seafood Deep Processing, Liaoning Province Collaborative Innovation Center for Marine Food Deep Processing, Dalian 116034, Liaoning

Abstract Fresh *Channa argus* was used as raw material to make fish soup under normal pressure and high pressure respectively. By measuring the nutritional components, color, taste substances and other indicators, combined with sensory evaluation, the effects of different thermal processing methods on the nutritional components and edible quality of fish soup were explored. The results show that compared with the traditional thermal processing method, the soluble solids content and crude protein content of high-pressure treated fish soup reach more than 4%. The content of mineral elements Na and K reached more than 8 000 mg/L, and the content of Ca and Mg reached more than 1 000 mg/L; The total amount of hydrolyzed amino acids reaches more than 300 mg/L. Among them, the contents of essential amino acids

and hydrolyzed amino acids were about 6 times and 3 times higher than those of normal pressure treatment respectively. Under high pressure treatment, the total amount of free amino acids and the content of umami amino acids in fish soup increased by more than one time, which was consistent with the result of electronic tongue umami detection. Although the fish soup treated by atmospheric pressure has better aroma and higher acceptability, its taste and nutritional components are inferior to those of fish soup treated by high pressure. To sum up, the high-pressure treated fish soup can better maintain the nutritional performance of *Channa argus*. The fish soup is more fragrant and more popular with consumers. Its application in the preparation of fish soup can help to realize the full utilization of *Channa argus* resources, improve the resource utilization rate and economic benefits.

Keywords thermal processing; fish soup; nutritional components; quality