

均质及杀菌处理对暗纹东方鲀鱼汤品质的影响

徐卉¹, 陶宁萍^{1,2}, 俞骏^{*1,2}, 邓尚贵^{3,4}

(1. 上海海洋大学 食品学院, 上海 201306; 2. 上海水产品加工及贮藏工程技术研究中心, 上海 201306; 3. 浙江海洋大学 食品与药学学院, 浙江 舟山 316022; 4. 浙江兴业集团有限公司, 浙江 舟山 316101)

摘要: 暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*)鱼汤冻品味道鲜美,但是市场上未见常温鱼汤相关产品。为解决鱼汤贮藏过程中易发生絮凝、分层等不稳定问题并延长其贮藏期,作者以暗纹东方鲀鱼汤为实验对象,以鱼汤中微纳米胶粒的平均粒径、多分散系数和 ζ -电位为指标,研究均质条件对鱼汤稳定性的影响及不同杀菌方式对鱼汤营养、风味等品质的影响。结果表明:当均质压力为30 MPa、均质温度为60 °C、均质次数为2次时,鱼汤稳定性最好;比较不同杀菌方式,超高温杀菌组中营养物质损失比巴氏杀菌组和高温杀菌组小,鱼汤中总氮、氨基酸态氮和胶原蛋白质量浓度与对照组相比分别下降了0.92%、2.73%、4.38%,风味成分与对照组最为相似,特征风味成分仅增加了反-2-辛烯醛。巴氏杀菌组鱼汤生产成本低,但贮藏时间仅6周;热力杀菌组鱼汤贮藏时间长达20周,但会导致呈现蒸煮味的化合物相对含量增加,对鱼汤风味产生不良影响。本研究可为河豚鱼汤工业化生产提供理论参考与数据支持。

关键词: 鱼汤;暗纹东方鲀;均质;杀菌;风味

中图分类号:TS 209 文章编号:1673-1689(2023)04-0085-09 DOI:10.3969/j.issn. 1673-1689.2023.04.010

Effects of Homogenization and Sterilization on Quality of *Takifugu obscurus* Soup

XU Hui¹, TAO Ningping^{1,2}, YU Jun^{*1,2}, DENG Shanggui^{3,4}

(1. College of Food Science and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Engineering Research Center of Aquatic-Product Processing & Preservation, Shanghai 201306, China; 3. College of Food and Pharmacy, Zhejiang Ocean University, Zhoushan 316022, China; 4. Zhejiang Xingye Group Company Limited, Zhoushan 316101, China)

Abstract: The frozen *Takifugu obscurus* is delicious, but there are no products related to room-temperature fish soup in the market. In order to solve the problems of instability of fish soup such as flocculation and stratification during storage and to prolong its storage period, this study investigated the effects of homogenization conditions on the stability of *Takifugu obscurus* soup based on the average particle size, dispersion coefficient and ζ -potential of micro- and nano-particles in fish soup, and the effects of different sterilization methods on the nutrition and flavor quality of fish soup were studied. The results showed that the best stability of fish soup was achieved when homogenized under 30 MPa at 60 °C for 2 times. By comparing different sterilization methods, the

收稿日期: 2022-01-14

基金项目: 国家重点研发计划“蓝色粮仓”项目(2020YFD0900905)。

* 通信作者: 俞 骏(1966—),男,工程师,硕士研究生导师,主要从事食品营养与品质评价研究。E-mail:junyu@shou.edu.cn

loss of nutrients in the ultra-high temperature sterilization group was smaller than that in the pasteurized group or in the thermal temperature sterilization group. In addition, the contents of total nitrogen, amino acid nitrogen and collagen in the fish soup decreased by 0.92%, 2.73% and 4.38%, respectively, compared with the control group. The flavor components were most similar to those in the control group, and only trans-2-octenal as a characteristic flavor component increased. The pasteurized group had low cost, however, its storage time was only 6 weeks. The storage time of fish soup in the thermal sterilization group was up to 20 weeks, but the relative content of the compounds expressing the steaming flavor increased, which had an adverse effect on the flavor of fish soup. This study could provide theoretical reference and data support for the industrial production of puffer fish soup.

Keywords: fish soup, *Takifugu obscurus*, homogenization, sterilization, flavor

2016年,我国颁布了《关于有条件放开养殖河豚生产经营的通知》,目前市场允许流通、食用的河豚鱼种为红鳍东方鲀(*Takifugu rubripes*)和暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*),且允许持有专业资质的工厂进行加工生产。暗纹东方鲀鱼肉鲜美,鱼皮富有弹性,多生长在长江流域。人工养殖的暗纹东方鲀已接近无毒,养殖产量逐年递增,但在加工生产过程中会产生大量的副产物亟待回收利用。

各国消费者普遍都有喝汤的习惯,不同的地区有其特色的汤品,很多国家甚至都形成了自己的汤文化^[1-2]。汤类产品加工过程中原料的预处理、熬煮工艺、杀菌工艺等^[3-5]都会对产品品质产生重要影响。鱼汤在熬煮过程中,蛋白质、脂肪和水自然融合形成的乳浊体系稳定性较差,经一段时间放置容易发生絮凝、分层、沉淀以及油脂析出的现象。均质处理可使蛋白质与脂肪形成稳定的组织结构,使鱼汤口感更为细腻,也能增加其稳定性。汤汁产品营养物质丰富、水分活度高,若不进行杀菌处理在贮藏过程中微生物会快速增殖使产品腐败变质。不同杀菌方式对延长汤汁产品的贮藏期均有一定的效果,但不同的杀菌方式对产品的品质也会产生不同的影响。常见的食品杀菌方式主要分为热力杀菌和非热力杀菌两大类,由于热力杀菌方便、安全等特点,被人们广泛应用。巴氏杀菌处理温和,能极大保留产品中的营养成分,刘艺婷等通过实验表明,对牛乳进行巴氏杀菌(75℃、15s)处理,能最有效地保留牛乳中的活性蛋白质及其他营养物质,但为了延长产品的货架期,后期的保存条件应为低温^[6]。热力杀菌能够快速消灭食品中的致病微生物,延长食品的

贮藏期。夏硕等研究表明,经高温杀菌处理的食品在货架期内能更好地保留其品质^[7]。刘中生等采用巴氏杀菌与超高温(ultra-high temperature, UHT)杀菌对再制奶酪进行处理,表明UHT杀菌技术比巴氏杀菌更有效地控制了产品的微生物生长,能够短时高效地进行杀菌,并且能保证产品的品质^[8]。谭平等对绿茶饮品进行UHT杀菌,结果显示UHT杀菌不仅能够杀死绿茶饮品中的腐败微生物,还极大程度地保留了饮品中的营养物质及风味成分,减少了部分醛、醇类物质^[9]。

作者以暗纹东方鲀鱼汤为研究对象,对均质条件进行优化,研究不同杀菌工艺对鱼汤营养、风味以及贮藏期的影响,以期得到营养品质与风味俱佳的稳定的鱼汤产品,为河豚鱼汤工业化生产提供理论指导。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

暗纹东方鲀鱼骨碎肉:购于江苏中洋生态鱼类股份有限公司;五水硫酸铜、硫酸钾、浓硫酸、无水乙酸钠、一水柠檬酸、氢氧化钠、氯胺T、对二甲氨基苯甲醛、高氯酸等,羟脯氨酸(生化试剂):购于上海麦克林生物科技有限公司。

1.2 仪器与设备

电磁炉:广东美的网络科技有限公司产品;Kjeltec8400全自动凯氏定氮仪:丹麦FOSS公司产品;UV-2300分光光度计:上海紫柯仪器有限公司产品;HWS-24电热恒温水浴锅:上海恒科学仪器有限公司产品;Agilent1260 HPLC液相色谱仪:美国安

捷伦科技有限公司产品。

1.3 实验方法

1.3.1 河豚鱼汤风味料制作工艺流程 暗纹东方鲀鱼骨碎肉→清洗→破碎→煎炸→熬煮→过滤→均质→杀菌→成品。

1.3.2 河豚鱼汤的制备 以前期熬煮工艺实验优化结果为基础,采用最佳的鱼骨碎肉尺寸、鱼水质量比以及熬煮时间对鱼汤进行熬制。将锅于电磁炉 1 400 W 加热模式下预热 1 min,放入鱼质量 10% 的猪油,加热使油温升至 140 ℃,将体积为 1 cm³ 的暗纹东方鲀鱼骨碎肉清洗干净后置于油中煎炸,随后按照料液质量比 1 g:6 mL 加入水进行熬煮,熬煮时间为 60 min,鱼汤冷却至室温后过滤备用。

1.4 鱼汤均质工艺的优化及稳定性的测定

以鱼汤中微纳米胶粒的平均粒径、多分散系数、 ζ -电位为指标,研究均质压力(0、10、20、30、40 MPa)、均质温度(40、50、60、70、80 ℃)以及均质次数(1、2、3、4、5 次)对鱼汤稳定性的影响,以确定适宜的均质参数。

平均粒径、多分散系数、 ζ -电位的测定参考文献[10]的方法并略加修改,将 10 mL 鱼汤用去离子水定容至 100 mL。取 1 mL 稀释后的鱼汤进行上机测定,鱼汤中微纳米胶粒的平均粒径、多分散系数和 ζ -电位由马尔文纳米粒度分析仪测得,水为分散剂,微纳米胶粒折射率为 1.440 4,分散折射率设定为 1.330。

1.5 不同杀菌方式处理对鱼汤品质及贮藏期的测定

以鱼汤中总氮、氨基酸态氮、胶原蛋白含量以及感官评分为指标,比较对照组(未杀菌)、巴氏杀

菌(90 ℃,20 min)、高温杀菌(121 ℃,15 min)以及 UHT 杀菌(137 ℃,15 s)对鱼汤品质的影响,并对不同杀菌方式处理鱼汤的挥发性物质进行分析。将鱼汤置于室温下保存,每隔一周对不同组别的鱼汤进行取样测定,以菌落总数、挥发性盐基氮(total volatile base nitrogen,TVB-N)及硫代巴比妥酸反应物(thiobarbituric acid reactive substances,TBARS)值为指标,探究不同杀菌方式处理对鱼汤贮藏效果的影响。

1.5.1 总氮质量浓度的测定 鱼汤中总氮质量浓度参照 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》,采用凯氏定氮法进行测定。

1.5.2 氨基酸态氮质量浓度的测定 鱼汤中氨基酸态氮质量浓度参照 GB 5009.235—2016《食品安全国家标准 食品中氨基酸态氮的测定》,采用比色法进行测定。

1.5.3 胶原蛋白质量浓度的测定 鱼汤中胶原蛋白质量浓度参照 GB/T 9695.23—2008《肉与肉制品羟脯氨酸含量测定》进行测定。

1.5.4 色泽的测定 使用色差计对鱼汤样品进行色泽的测定,其中 L^* 表示亮度; a^* 正值表示偏红,负值表示偏绿; b^* 正值表示偏黄,负值表示偏蓝。

1.5.5 感官评价 在温度与光照稳定的专业感官实验室中,请 12 名受过专业训练的感官员对不同组鱼汤进行品尝,其中男性成员和女性成员各 6 人,参照 Miller^[11]的方法对其进行培训,以鱼汤的色泽、气味、滋味、稠度和可接受度作为感官评价指标进行打分。每个指标采用 5 分制评分,按表 1 中的方法评分。

表 1 鱼汤感官品质评分标准
Table 1 Standard of evaluating sensory qualities of fish soup

评分标准	性能指标				
	色泽	气味	滋味	稠度	可接受度
1	灰暗或无色	不具有鱼香味,具有浓郁的鱼腥味	鱼腥味浓郁,整体滋味差	很低	很差
2	淡黄	具有较淡的鱼香味,具有鱼腥味	鱼腥味较浓郁,鲜味不足,整体滋味较差	低	差
3	米黄	具有鱼香味,具有较淡的鱼腥味	鱼腥味正常,鲜味较浓郁,回味不足,整体滋味一般	很稠	一般
4	白灰	具有鱼香味,具有较淡的鱼腥味	鱼腥味较弱,鲜味浓郁,回味较好,整体滋味较好	稠	较高
5	乳白	具有浓郁的鱼香味,无鱼腥味	无鱼腥味,鲜味浓郁,回味悠长,整体滋味好	适中	高

1.5.6 挥发性物质的测定 参考文献[12-13]的方法并略加修改,顶空瓶中加入鱼汤样品 5.0 g,随后加盖密封,65 ℃水浴中吸附 30 min,随后解吸 5 min。色谱条件:HP-5MS 色谱柱(30 m × 0.25 mm, 0.25 μm);升温程序:40 ℃保持 3 min,再以 5 ℃/min 升至 240 ℃,保持 15 min。质谱条件:电离源为电子轰击;电子能量为 70 eV;传输线温度 280 ℃,离子源温度 230 ℃,四极杆温度 150 ℃;质量扫描范围 m/z 为 30~350。定性分析:挥发性物质通过 NIST 2008 谱库进行匹配,筛选匹配度大于 800 的物质。定量分析:根据色谱图保留峰面积计算各个香气成分的相对含量。

1.5.7 菌落总数的测定 参照 GB 4789.2—2016《食品微生物菌落总数的测定》,采用直接计数法测定。

1.5.8 挥发性盐基氮(TVB-N)的测定 参照 GB 5009.228—2016《食品中挥发性盐基氮的测定》,采用凯氏定氮法进行测定。

1.5.9 TBARS 值的测定 参考文献[14]的方法并略加修改,准确量取不同组鱼汤 5.0 mL,加入 25 mL 质量分数 20%三氯乙酸溶液,室温下放置 1 h, 8 000 r/min 离心 15 min,过滤定容至 50 mL。取 5 mL 于比色管中,加入 5 mL 0.02 mol/L 的 TBARS 溶液,充分混匀后 90 ℃水浴 20 min,取出冷却至室温后,于 532 nm 处测定吸光度。

1.6 数据处理

采用 SPSS 25.0 统计软件分析差异的显著性, $P < 0.05$ 为差异显著。使用 Origin 2018 软件绘制图像,进行 3 次平行实验,结果取平均值。

2 结果与分析

2.1 均质条件对鱼汤稳定性的影响

在鱼汤的熬制过程中,脂肪和蛋白质等物质能通过分子间次级键的相互作用如范德华力、氢键等以及分子间共价和非共价相互作用自组装成微纳米胶粒^[15]。微纳米胶粒的平均粒径、多分散系数和 ζ -电位可作为判断鱼汤稳定性的有力指标^[16]。平均粒径越小,多分散系数越大说明鱼汤越稳定。通常用 ζ -电位来评价乳化稳定性,绝对值越高表明油滴之间的静电斥力越强,鱼汤的稳定性越好^[17]。

由图 1(a)可知,随着均质压力的增加,河豚鱼汤中微纳米胶粒的多分散系数和 ζ -电位的绝对值逐渐增加,平均粒径逐渐减少,当压力增加到 30

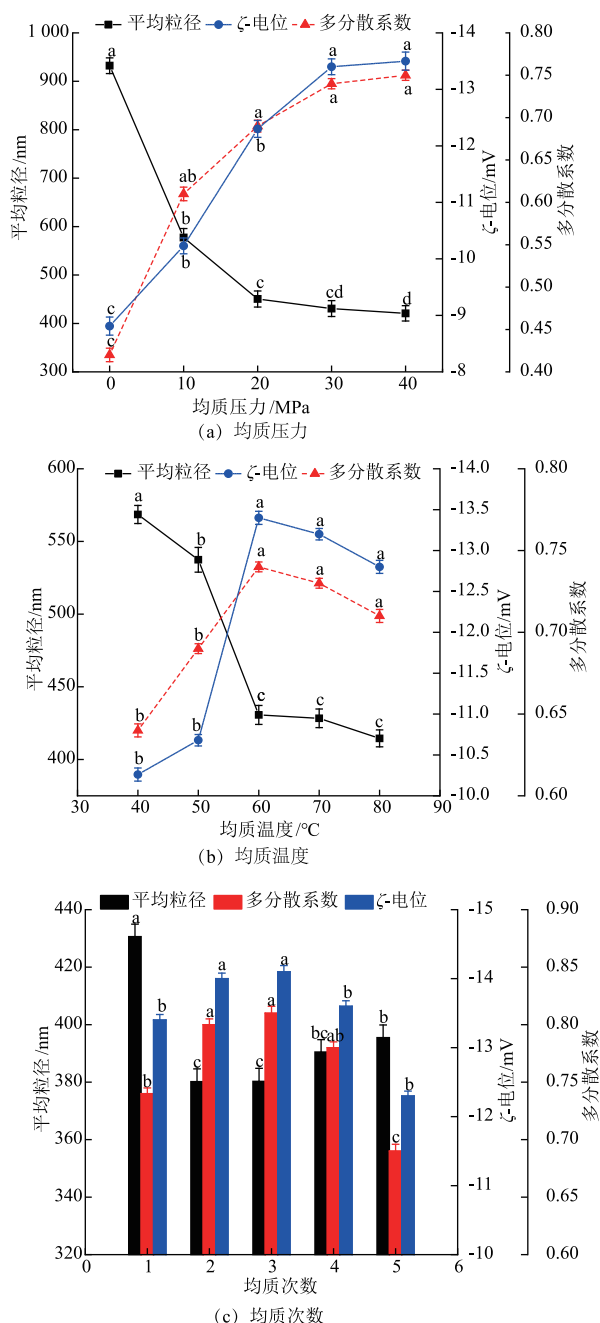
MPa 并继续增加时,多分散系数、 ζ -电位的绝对值及平均粒径变化不显著($P > 0.05$)。即当均质压力达到 30 MPa 后,河豚鱼汤的稳定性基本不变,可能原因是汤中胶粒在高压下受到强大的撞击力,使胶粒超细微化,但当压力达到临界值时,胶粒大小将不再发生明显变化^[18]。

图 1(b)显示,随着均质温度的增加,河豚鱼汤中微纳米胶粒的多分散系数和 ζ -电位的绝对值呈现先增加后减少的趋势,平均粒径逐渐降低后趋于平稳,当均质温度达到 60 ℃并继续增加时,平均粒径绝对值、多分散系数和 ζ -电位绝对值差异不显著($P > 0.05$)。其可能原因是在一定范围内随着均质温度升高,油滴与固形物颗粒平均粒径变小,蛋白质会进一步展开使 ζ -电位绝对值增大,均质效果越好。温度过高,会引起蛋白质的部分变性,使其乳化能力和乳化稳定性也均会降低,使鱼汤稳定性降低,故温度达 60 ℃时,稳定性最好。

如图 1(c)所示,随着均质次数的增加,鱼汤的稳定性呈现先增加后降低的趋势,当均质次数增加到 2 次时,河豚鱼汤中微纳米胶粒的多分散系数和 ζ -电位绝对值显著增加($P < 0.05$),平均粒径显著减少($P < 0.05$),稳定性提升显著,继续增加到 3 次时,多分散系数、 ζ -电位绝对值和平均粒径变化不显著($P > 0.05$),再继续增加次数多分散系数和 ζ -电位绝对值又逐渐降低,平均粒径逐渐增加。其原因是 2 次均质会使第一次未均质完全的较大胶粒受到撞击、爆破等剪切力作用,使胶粒变得更小。而继续增加均质次数会加剧胶粒间的碰撞,造成小胶粒的聚集和絮凝,进而使鱼汤稳定性降低。继续增加均质次数也会增加成本,综合考虑本实验选择最佳均质次数为 2 次。

2.2 不同杀菌方式对鱼汤品质的影响

2.2.1 不同杀菌方式对鱼汤总氮、氨基酸态氮、胶原蛋白质量浓度的影响 如图 2 所示,经不同杀菌方式处理后,鱼汤中总氮、氨基酸态氮、胶原蛋白质量浓度均显著降低($P < 0.05$),采用巴氏杀菌处理鱼汤后,鱼汤中的总氮、氨基酸态氮和胶原蛋白质量浓度分别下降了 2.51%、5.72%、6.87%;采用高温杀菌处理鱼汤后,鱼汤中总氮、氨基酸态氮和胶原蛋白质量浓度分别下降了 5.56%、9.13%、10.12%;经 UHT 杀菌处理后,鱼汤中的总氮、氨基酸态氮和胶原蛋白质量浓度分别下降了 0.92%、2.73%、4.38%。



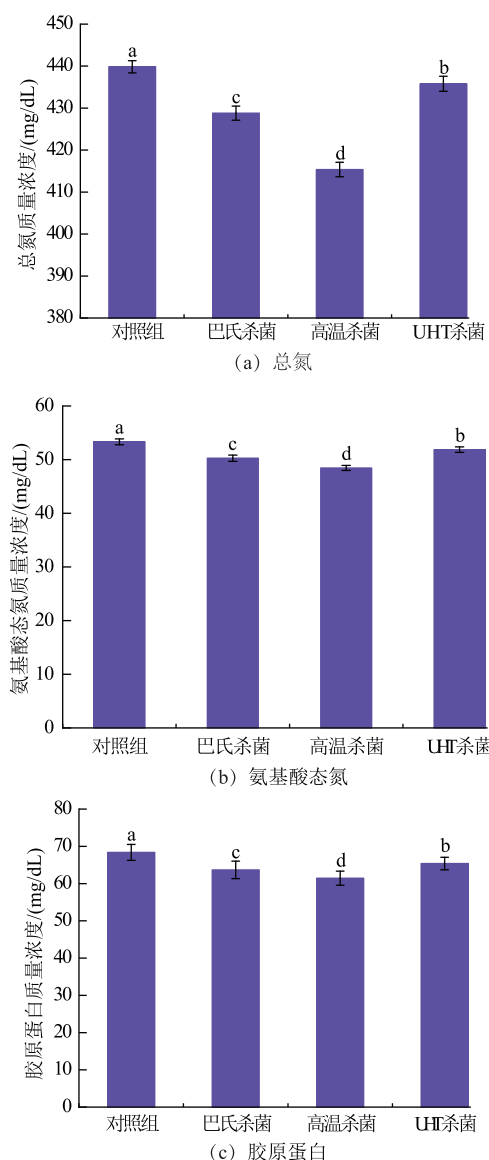
图中不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

图1 均质压力、均质温度及均质次数对河豚鱼汤稳定性的影响

Fig. 1 Effects of homogenization pressure, homogenization temperature and homogenization frequency on the stability of puffer fish soup

经 UHT 杀菌后鱼汤中营养物质溶出损失最小,而高温长时间杀菌对鱼汤营养物质溶出影响较大,可能是由于长时间的加热使部分蛋白质变性,其发生疏水聚合作用或裂解反应导致总氮和胶原蛋白含量

下降;氨基酸态氮含量下降可能是高温杀菌过程中部分氨基酸与还原糖发生了美拉德反应。



图中不同字母表示差异显著($P<0.05$)。

图2 不同杀菌方式对鱼汤总氮、氨基酸态氮及胶原蛋白质量浓度的影响

Fig. 2 Effects of different sterilization methods on the contents of total nitrogen, amino acid nitrogen and collagen in fish soup

2.2.2 不同杀菌方式对鱼汤色泽的影响 高温杀菌过程中易发生美拉德反应,产生褐变,对鱼汤的颜色造成不良影响。由表2可知, L^* 值在经过3种不同杀菌方式后均显著降低,说明鱼汤经过杀菌处理后亮度降低。 a^* 值代表红绿色值, a^* 值越大表示红色越强, b^* 值代表黄蓝色值, b^* 值越大表示黄色

越强。在经过不同杀菌方式处理后, a^* 值均显著减少 ($P < 0.05$), b^* 值均显著增加。说明鱼汤颜色向黄绿色进行转变。色泽发生变化的原因可能是发生了

美拉德反应, 生成了深色物质导致鱼汤亮度降低, 这与杀菌后鱼汤中氨基酸态氮含量变化相对应。巴氏杀菌和 UHT 杀菌都能较好地维持鱼汤色泽。

表 2 不同杀菌方式对河豚鱼汤色泽的影响

Table 2 Effects of different sterilization methods on the color of puffer fish soup

色泽指标	杀菌方式			
	对照组	巴氏杀菌	高温杀菌	UHT 杀菌
L^*	53.06±0.35 ^a	50.25±0.22 ^c	49.13±0.18 ^d	51.87±0.25 ^b
a^*	-1.52±0.04 ^a	-1.64±0.02 ^b	-1.75±0.01 ^c	-1.62±0.02 ^b
b^*	-1.15±0.02 ^d	-0.68±0.01 ^b	0.53±0.01 ^a	-0.92±0.02 ^c

表中每列数据不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

2.2.3 不同杀菌方式对鱼汤感官评分的影响 由图 3 可见, 3 种杀菌方式对鱼汤感官品质影响差异较大。经巴氏杀菌处理的鱼汤颜色略有发黄, 且在鱼汤底部略有沉淀, 汤汁有较淡的蒸煮味; 当采用高温杀菌时, 鱼汤颜色发生明显变化, 黄色加深, 且在底部产生较多沉淀此时鱼香味减弱, 表现出较重的蒸煮味; UHT 杀菌汤汁颜色乳白, 在底部未见沉淀, 能够保持鱼香味, 感觉不到蒸煮味, 感官评分最高为 22.70 分, 因此, UHT 杀菌优于巴氏杀菌和高温杀菌, 研究结果与上述色泽的结论一致。

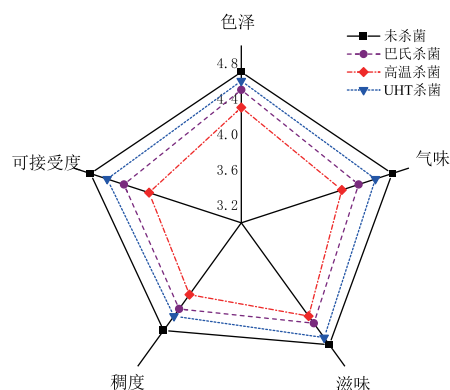


图 3 不同杀菌方式对鱼汤感官评分的影响

Fig. 3 Effect of sterilization methods on sensory evaluation in fish soup

2.2.4 不同杀菌方式处理鱼汤的挥发性成分 不同杀菌方式处理鱼汤样品的挥发性风味成分结果如图 4 所示。4 种鱼汤样品中共检测出 84 种挥发性物质, 其中对照组、巴氏杀菌组、高温杀菌组、UHT 杀菌组分别检测出 32、46、67、34 种挥发性物质, 挥发性物质可分为醛类、醇类、烃类、含氮含氧类、芳香族、酯类 6 个类别。不同处理组鱼汤中醛类物质的相对含量均最高, 对照组、巴氏杀菌组、高温杀菌

组、UHT 杀菌组分别占 45.59%、34.65%、43.89%、49.93%, 所以醛类物质为暗纹东方鲀鱼汤的主体风味成分。

4 组鱼汤中共检出醛类物质 20 种, 不同的杀菌处理方式均会增加鱼汤中醛类物质的种类, 可能原因是热杀菌过程会促进鱼汤中脂肪的氧化降解。壬醛、癸醛在鱼中常表现土腥味, 经 UHT 杀菌后两种物质相对含量显著降低, 可使该组鱼汤腥味减弱。反-2,4-癸二烯醛气味阈值极低, 在对照组中该物质的 ROAV 达到 100 (见表 3), 表现出的脂香味为鱼汤中的主要香味成分, 其在巴氏杀菌组未检出, 而在热力杀菌组中 ROAV 较高, 且 UHT 杀菌组达 100, 与对照组一致, 说明 UHT 杀菌组鱼汤脂香味浓郁。

醇类物质主要来源于不饱和脂肪酸的氧化分解和羰基物质还原。在 4 组鱼汤中共检出 18 种醇类, 其中对照组、巴氏杀菌组、高温杀菌组、UHT 杀菌组分别检出 6、8、13、6 种。1-辛烯-3-醇是 4 组鱼汤中共同被检出的醇类物质, 且 $ROAV \geq 1$, 经不同杀菌处理后相对含量均降低, 可能是在继续加热过程中发生了酯化反应。大部分的醇类阈值较高, 对鱼汤的风味贡献较小。

4 组鱼汤中鉴定出来的烃类物质共有 19 种, 主要包括烷烃和烯烃类, $ROAV$ 均小于 1, 对鱼汤的整体风味贡献小。杀菌处理可使一部分烃类消失, 也可生成新的烃类物质, 这可能与杀菌过程中脂质氧化有关。

含氮含氧及芳香族化合物中 $ROAV \geq 1$ 的物质为三甲胺和 2-戊基呋喃。三甲胺阈值较低且具有强烈的鱼腥味, 对鱼汤的整体风味具有不良影响。经杀菌处理后, 鱼汤中三甲胺的相对含量降低, 可减

弱鱼汤中的鱼腥味。2-戊基呋喃具有类似火腿的香味和植物芳香,对鱼汤的风味具有重要贡献,在高温杀菌组中其相对含量显著增加,可能与长时间加热促进了亚油酸氧化有关。

酯类物质主要来自羧酸和醇的酯化,短链酸生成的酯具有水果香味,长链酸生成的酯具有轻微的油脂味。在4组鱼汤中 $ROAV \geq 1$ 的酯为乙酸乙酯,具有柑橘香味,对鱼汤风味有重要贡献。

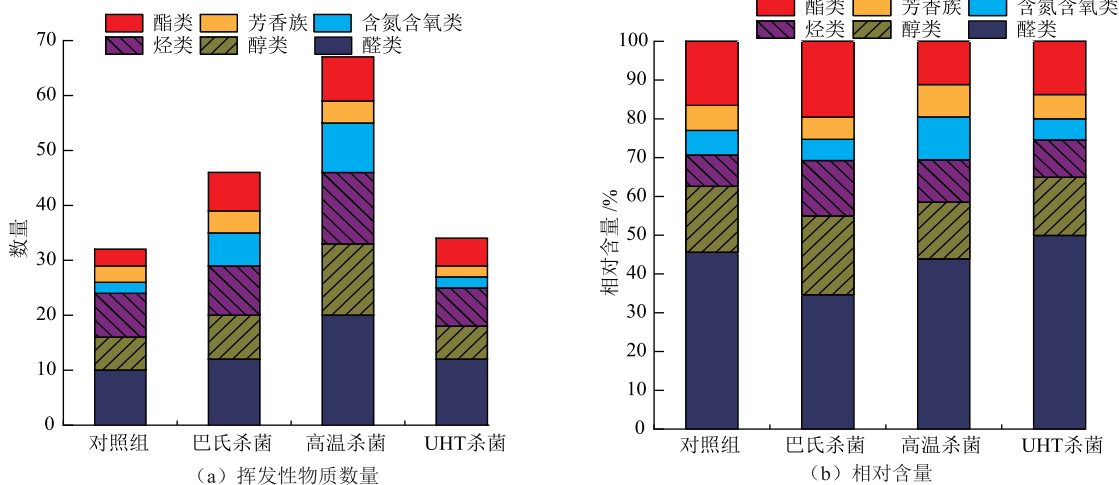


图 4 不同杀菌方式处理河豚鱼汤中挥发性物质数量及相对含量

Fig. 4 Quantity and relative content of volatile substances in puffer fish soup prepared with different sterilization methods

由表 3 和图 5 可知,对照组鱼汤中有 12 种特征成分($ROAV \geq 1$)分别为己醛、庚醛、壬醛、癸醛、反,反-2,4-癸二烯醛、反-2-十一醛、十二醛、肉豆蔻醛、1-辛烯-3-醇、三甲胺、2-戊基呋喃和乙酸乙酯。巴氏杀菌组鱼汤中有 15 种特征成分,与对照组相比增加了戊醛、反-2-庚烯醛、反-2-辛烯醛等。高温杀菌组鱼汤中有 20 种特征成分,与对照组相比增加了戊醛、反-4-庚烯醛、反,反-2,4-庚二烯醛

等。UHT 杀菌组有 13 种特征成分,与对照组相比仅增加了反-2-辛烯醛。PCA 可以很好区分不同杀菌方式处理的鱼汤。不同杀菌组之间距离较远,样品之间区分度较高,风味差异较大;经杀菌处理后,鱼汤的特征成分有不同程度改变,对照组与 UHT 杀菌组间距离较近,表明 2 组鱼汤中挥发性物质组分和相对含量相似度高,最大程度地保留鱼汤原有的风味。

表 3 不同杀菌方式处理河豚鱼汤中挥发性物质的 ROAV 值及气味描述

Table 3 ROAV values and odor description of volatile compounds in puffer fish soup prepared with different sterilization methods

化合物名称	气味阈值/ ($\mu\text{g}/\text{kg}$)	气味描述	ROAV			
			对照组	巴氏杀菌	高温杀菌	UHT 杀菌
戊醛	12	发酵面包、水果味	—	3.01	1.57	0.44
己醛	5	青草味、脂香味	4.31	46.16	57.84	6.55
反-4-庚烯醛	4	脂香味、青草味、奶香味	—	—	0.79	—
庚醛	3	鱼腥味、哈喇味、烤鱼片味	2.33	18.09	23.59	2.33
反-2-庚烯醛	13	青草味、甜味、新鲜水果味	0.41	1.87	6.74	0.45
反,反-2,4-庚二烯醛	5	脂肪、蔬菜、肉桂味	—	—	7.20	—
反-2-辛烯醛	3	新鲜黄瓜、脂肪、青草、香蕉味	—	10.39	17.02	3.84
壬醛	1	脂香味、青草味	49.10	100.00	100.00	24.09
反,顺-2,6-壬二烯醛	0.8	青草、脂肪、黄瓜味	—	—	3.69	—
癸醛	0.1	青草味	3.90	5.17	57.35	4.91
反-2-癸烯醛	3	动物油脂味	—	—	6.97	—

续表 3

化合物名称	气味阈值/ ($\mu\text{g/kg}$)	气味描述	ROAV 值			
			对照组	巴氏杀菌	高温杀菌	UHT 杀菌
顺-2-癸烯醛	3	蜡质、茺荑、蘑菇味	—	—	0.24	—
十一醛	5	脂香味	0.25	0.41	0.99	0.12
反,反-2,4-癸二烯醛	0.07	脂香味、炸土豆味	100.00	—	82.97	100.00
反-2-十一醛	5	略带肥皂味	1.82	5.93	2.44	1.58
十二醛	2	肥皂、蜡质、柑橘味	3.32	1.53	4.52	3.51
肉豆蔻醛	14	脂肪、椰子、木质、水果味	2.51	1.09	1.93	3.02
1,5-己二烯-3-醇	10	水果味	—	1.50	1.09	—
庚醇	3	霉味、草药、木质味	—	—	16.50	—
1-辛烯-3-醇	40	脂肪、甜水果味	23.75	38.71	69.75	13.67
乙酸乙酯	5	柑橘味	3.78	7.34	1.58	2.55
三甲胺	2.4	鱼腥味、哈喇味、烤鱼片味	3.20	5.59	1.39	2.17
2-戊基呋喃	6	水果香、青草香、火腿香	2.24	5.53	12.87	1.89

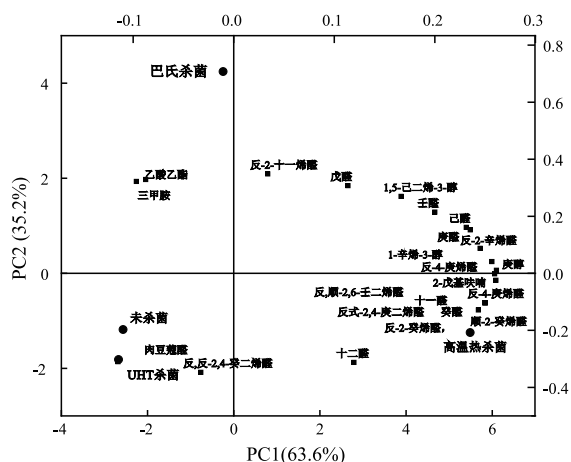


图 5 不同杀菌方式处理河豚鱼汤中挥发性物质的主成分双图
Fig. 5 Double picture of principal component analysis of volatile compounds in puffer fish soup prepared with different sterilization methods

2.3 不同杀菌方式对鱼汤贮藏过程中菌落总数、TVB-N 及 TBARS 值的影响

贮藏前 3 周,3 种杀菌方式处理鱼汤中菌落总数对数值几乎为 0,从第 4 周开始巴氏杀菌组鱼汤中菌落总数开始快速增加,到第 7 周时已超过国家标准中对熟制动物性水产制品中菌落总数限定标准(1×10^5 cfu/mL),巴氏杀菌组鱼汤在第 7 周时已经变质,不可食用,故巴氏杀菌组鱼汤的贮藏期仅为 6 周。而在热力杀菌组中,菌落总数对数值从第 8 周后开始增加,但在 20 周之前均低于国家限制的标准,说明热力杀菌能有效抑制鱼汤中微生物的繁殖。

3 组鱼汤中挥发性盐基氮增加缓慢, 在第 4 周时巴氏杀菌组增速开始加快, 高温杀菌组与 UHT 杀菌组均显著低于巴氏杀菌组且至 10 周时差别不大, 说明这两组鱼汤中的蛋白质未受到某些酶或微生物的作用而被分解成挥发性的含氮物质, 效果较好, 且 10 周后的差异说明 UHT 杀菌组热变性时间短, 对蛋白质变化影响较小。

在鱼汤贮藏前 8 周,不同杀菌组的鱼汤 TBARS 值均随着时间的延长而逐渐增加,说明不同组鱼汤中脂肪氧化程度逐渐加深。巴氏杀菌组 TBARS 值的生长速率高于其他杀菌组,在 5~6 周呈指数上升,这可能是因为巴氏杀菌温度低,未能完全抑制脂氧合酶的活性。热力杀菌组整体变化趋势较缓,在 8 周内仅增加了 0.16~0.18 mg/kg;在贮藏 20~24 周时,热力杀菌组增长迅速,TBARS 值整体趋势一致,说明热力杀菌在一定程度上能有效抑制脂肪氧化。

3 结语

当均质条件为:压力 30 MPa、温度 60 ℃、次数 2 次时,暗纹东方鲀鱼汤的稳定性最好。均质鱼汤经不同杀菌处理后,各营养物质含量均显著降低($P<0.05$),但 UHT 杀菌对鱼汤营养物质、色泽、感官评分影响最小。对不同杀菌方式处理后鱼汤中挥发性物质相对含量进行比较,醛类物质的相对含量占比最高,为暗纹东方鲀鱼汤的主体风味成分,UHT 杀菌可降低壬醛、癸醛的相对含量,使鱼汤腥味减弱

且 UHT 杀菌的特征成分与对照组最为相似,仅增加了反-2-辛烯醛,极大程度保留了鱼汤原有风味。在对杀菌后鱼汤贮藏期的研究中,巴氏杀菌后的鱼汤贮藏期仅为 6 周,不利于长途运输,只能限制在一定地域范围内销售。热力杀菌鱼汤前 20 周内的菌

落总数、TVB-N 以及 TBARS 值均在国家限定标准内,24 周时已超国家限定标准,因此贮藏期为 20 周。综上,在实际生产中,UHT 杀菌对于产品的风味影响较小,贮藏期时间更久。

参考文献:

- [1] 佚名. 源远流长的“汤文化”[J]. 中国粮食经济,2006(6):55-56.
- [2] MONIRUL I, NAZIRUL M S, SHAHIDUL M I, et al. Development and quality analysis of protein enriched instant soup mix[J]. *Food and Nutrition Sciences*, 2018(6):13-18.
- [3] 杨濯羽, 李永鹏, 余群力, 等. 真空减压浓缩工艺对牛骨汤挥发性化合物的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(10):159-163.
- [4] DOMINGUEZ R, GOMEZ M, FONSECA S, et al. Effect of different cooking methods on lipid oxidation and formation of volatile compounds in foal meat[J]. *Meat Science*, 2014, 97(2):223-230.
- [5] 徐红梅, 夏文水, 姜启兴. 热杀菌对鱼头汤营养成分的影响[J]. 食品与机械, 2008(5):4-8.
- [6] 刘艺婷, 周凌华, 许秋莉, 等. 不同巴氏杀菌强度对牛乳中活性蛋白的影响[J]. 食品工业, 2021, 42(8):139-142.
- [7] 夏硕, 郑丽君, 申光辉, 等. 高温杀菌对预浸泡干货货架期品质变化的影响[J]. 核农学报, 2020, 34(2):298-306.
- [8] 刘中生, 董成, 孙丽生, 等. UHT 杀菌技术在再制干酪中的应用[J]. 内蒙古科技与经济, 2016(20):99-104.
- [9] 谭平, 薛波, 熊卫东. UHT 杀菌对绿茶饮料风味的影响研究[J]. 饮料工业, 2005(3):27-30.
- [10] 翟争妍, 樊馨怡, 陶宁萍. 盐质量分数对鱼头汤熬煮过程中微纳米颗粒形成的影响[J]. 食品科学, 2021, 42(3):21-29.
- [11] MILLER R K. The eating quality of meat: V - sensory evaluation of meat[M]. Sawston: Woodhead Publishing, 2017:461-499.
- [12] TAKAI E, YOSHIZAWA S, EJIMA D, et al. Synergistic solubilization of porcine myosin in physiological salt solution by arginine[J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2013, 62:647-651.
- [13] 李晓朋, 曾欢, 林柳, 等. 不同煎炸用油制备河豚鱼汤挥发性风味成分的差异性[J]. 食品与发酵工业, 2021, 47(7):251-259.
- [14] 张彩霞, 牛琛, 柳泽琢也, 等. 沙拉酱品质稳定性及其营养风味的研究进展[J]. 食品研究与开发, 2019, 40(21):220-224.
- [15] 樊馨怡, 陶宁萍, 王锡昌. 汤中物质的溶出、迁移以及微纳米颗粒形成的研究进展[J]. 食品工业科技, 2019, 40(17):355-359.
- [16] 李欣, 高瑞昌. 熬煮方法对乌鳢鱼头汤的营养物质迁移及稳定性的影响[C]// 中国食品科学技术学会. 中国食品科学技术学会第十七届年会摘要集. 中国食品科学技术学会:中国食品科学技术学会, 2020:2.
- [17] 冯美琴, 刘雯燕, 孙健, 等. 不同 NaCl 浓度条件下亚麻籽胶对肌原纤维蛋白凝胶作用力及乳化特性的影响[J]. 食品科学, 2018, 39(22):26-31.
- [18] TONON R V, GROSSO C, HUBINGER M. Influence of emulsion composition and inlet air temperature on the microencapsulation of flaxseed oil by spray drying[J]. *Food Research International*, 2011, 44(1):282-289.

(责任编辑:许艳超)