

灭菌方式对南极大磷虾酱料品质的影响

赵陆恺^{1,2}, 胥亚夫³, 丁威⁴, 陶乐仁¹, 迟海^{1,2*}

(¹上海理工大学医疗器械与食品学院 上海 200093

²中国水产科学研究院东海水产研究所 上海 200090

³辽渔南极磷虾科技发展有限公司 辽宁大连 116000

⁴上海海洋大学食品学院 上海 201306)

摘要 以南极大磷虾酱料为研究对象,采用不同杀菌方式【紫外杀菌(UV)、微波(MV)、巴氏杀菌(LTLT)、高温杀菌(HTST)】对样品进行处理,通过分析南极大磷虾酱料的感官、质构、流变、色泽、风味等指标,结合微生物残存检测,探讨不同杀菌方式对酱料品质及安全性的影响。结果显示,南极大磷虾酱料整体风味独特,质感丰富,可接受度高。HTST组色泽变得深暗,嫩度降低,组织结构不均,滋味的甜度值减少,咸度值升高,气味品质受到破坏,综合感官评分较低。UV组在滋味和气味品质方面与CG组具有较小的差异性, L^* 值最高(28.97),质构分析中硬力值和硬力做功值分别为166.90 g和9.33 mJ,韧性较强,而组织结构均一性较差。MV组硬力值和硬力做功值分别为128.80 g和6.59 mJ,流变值为17.49 Pa·s,质构的剪切力变低,组织均一性良好,在滋味、气味和色泽品质上变化较小。LTLT组品质变化较小,具有较高的感官综合可接受度。南极大磷虾酱料灭菌后的细菌总数和大肠菌群数量均低于10 CFU/g,沙门氏菌和金黄色葡萄球菌均未检出。研究结果为南极大磷虾高值化产品的工艺优化、品质提升和综合利用提供基础数据。

关键词 南极大磷虾; 杀菌方式; 酱料; 品质变化; 流变质构

文章编号 1009-7848(2022)10-0221-11 **DOI:** 10.16429/j.1009-7848.2022.10.024

南极大磷虾(*Euphausia superba*)的蛋白质和必需氨基酸含量高,矿物元素、不饱和脂肪酸和活性物质(如自溶酶和虾青素等)含量丰富,且可捕捞量巨大^[1-3]。在全球渔业资源有限的状况下,南极大磷虾成为重要的海洋生物资源之一,对其合理的开发和利用成为我国渔业可持续发展的必要趋势^[4-6]。然而,现有的南极大磷虾产品仍局限于虾油和虾粉,有效利用南极大磷虾特殊风味和鲜度生产的高附加值产品较少^[7-8]。鉴于此,利用南极大磷虾作为主要风味食材,充分发挥其特殊的口感和鲜度,开发南极大磷虾酱料对有效提高其附加值和产业发展有极大的促进作用。

南极大磷虾自溶酶系活性极强,煮熟后组织较松散,蛋白质容易被分解^[9]。这就使得南极大磷虾在加工、运输和贮藏过程中容易受微生物的侵染,从而降低商业价值和食用安全性。水产品加工企业主要采取高温、微波、紫外和巴氏杀菌等方式

保证产品的品质和安全性。传统高温杀菌可以有效减少微生物数量,延长产品货架期。而高温杀菌容易破坏热敏性物质,导致食品中营养物质和风味成分的损失^[10]。微波杀菌利用微波的热/非热效应在短时间内使微生物失活,同时对食品中挥发性化合物影响不大^[11-12]。然而,食品在微波杀菌过程中因材质及形状的不均一而存在受热不均匀的问题^[13]。紫外杀菌可有效抑制产品中的微生物数量,同时可最大程度地保留食品中鲜味物质和营养成分^[14-16]。巴氏杀菌虽能减少风味和营养成分的损失,但对部分微生物不能达到理想的致死效果,产品品质有时会因此降低^[17]。选择合适的杀菌方式对保障南极大磷虾酱料的品质和安全性起到重要作用。

本研究以南极大磷虾为主要原料,利用其特殊的风味和质感,制备南极大磷虾酱料。采用4种常见的商业杀菌方式【高温杀菌(High temperature short time, HTST)、巴氏杀菌(Low temperature long time, LTLT)、微波杀菌(Microwave, MV)、紫外杀菌(Ultraviolet, UV)】对样品进行处理。通过检测质构、流变、色差、滋味、质感等指标,结合感官分析和样品中微生物残存情况,分析南极大磷虾

收稿日期: 2021-10-28

基金项目: 国家重点研发计划项目(2020YFD0901204, 2017YFC1600706)

作者简介: 赵陆恺(1998—),男,硕士生

通信作者: 迟海 E-mail: andychihai@126.com

酱料品质变化、安全性情况和各种商业杀菌处理方式的优劣,旨在为南极大磷虾高值化产品的工艺优化、品质提高和综合利用提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 材料与试剂

南极大磷虾由南极第35次考察队提供,-40℃条件下实验室备用;金华火腿,浙江帕尔玛食品有限公司;食用油、大蒜、小米辣、红辣椒干、冰糖、蚝油、生抽、食盐,上海市售。

月桂基硫酸盐胰蛋白胨肉汤、煌绿乳糖胆盐肉汤、结晶紫中性红胆盐琼脂、兔血琼脂平板、Baird-Parker 琼脂平板、营养琼脂、沙门氏菌属显色培养基、三糖铁琼脂、赖氨酸脱羧酶试验培养基,北京陆桥;脑心浸液培养基(Brain heart infusion, BHI),美国BD公司;琼脂粉,北京索莱宝公司;碱性蛋白胨水、氯化钠、卵黄盐水、亚碲酸钾,国药集团(上海)化学试剂有限公司;磷酸盐缓冲液,上海叶源公司。

1.2 仪器与设备

CTX 质构仪,上海阿美德格工业技术有限公司;Brookfield RST Rheometer 流变仪,上海阿美德格工业技术有限公司;GZX-9240MBE 数显鼓风干燥箱,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;CM-700d 色差仪,上海备得数码科技有限公司;DK-524 水浴锅,上海吉理科学仪器有限公司;YXQ-LS-50 立式压力蒸汽灭菌锅,上海博讯实业有限公司医疗设备厂;ZG-L74A 料理机,宁波赵记电器有限公司;Fox 4000 电子鼻、ASTREE 电子舌,法国 Alpha MOS 公司;LA2-4A1 生物安全柜,新加坡艺思高科技有限公司;500BSII 电热恒温培养箱,常州恒隆仪器有限公司。

1.3 试验方法

1.3.1 南极大磷虾酱料的制备 取500g个体完整,无黑头的南极大磷虾,按迟海等^[18]的解冻方法处理南极大磷虾。将解冻后的南极大磷虾在沸水中煮熟,将煮熟后的南极大磷虾沥干水分后,80℃条件下烘干至南极大磷虾水分含量不高于30%。将烘干后的南极大磷虾装入无菌袋内置于4℃条件下过夜至水分平衡。从过夜平衡的南极大磷虾中筛选出个体为3~5cm的南极大磷虾并用料理机粉

碎,其它个体低于3cm的南极大磷虾与碎虾按3:5的质量比混合备用。

将金华火腿蒸煮15min后晾凉切丝,大蒜、小米辣、辣椒干在料理机中粉碎作为生料备用。将400mL食用油加热,分别加入粉碎好的生料,不断搅拌,搅拌5min后加入南极大磷虾混合物和金华火腿,搅拌10min后加入调料并继续搅拌5min后熄火,制作过程油温不高于130℃。最后将温度降低至室温的南极大磷虾酱料装入50mL无菌玻璃瓶中。

1.3.2 南极大磷虾酱料的杀菌处理 将制备好的南极大磷虾酱料分别进行巴氏杀菌(LTLT)、高温杀菌(HTST)、微波杀菌(MV)、紫外杀菌(UV)处理,具体处理条件见表1。将处理后的南极大磷虾酱料和对照组(CG,未处理组)于室温下冷却后,置于4℃条件下备用。

表1 南极大磷虾酱料的杀菌处理方式

杀菌方式	处理条件
MV	850 W, 130 s
LTLT	90 ℃, 60 min
HTST	121 ℃, 15 min
UV	40 W, 15 min

1.3.3 色泽的测定 将CM-700d色差仪通过校正板进行调试校正后,开始测定样品 L^* 、 a^* 、 b^* 值, L^* 表示明度,其值越大,亮度越大; a^* 表示颜色的红绿值, a^* 负值偏绿,正值偏红; b^* 表示颜色的黄蓝值, b^* 负值偏蓝,正值偏黄。色差 ΔE 计算见公式(1)。

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

式中, ΔL^* 、 Δa^* 、 Δb^* ——标准参考白板与被测样品色度参数 L^* 、 a^* 、 b^* 值的差值。

1.3.4 质构特性的测定 选取压缩模式,将TA2/1000探头置于南极大磷虾酱料瓶口的中心位上方,测前速率为2mm/s,当探头触及南极大磷虾酱料开始测试,测中速率为1mm/s,触发力为5g,探头逐步垂直深入南极大磷虾酱料体系,测试距离15mm后探头开始上升,测后速率为1mm/s。探头全部离开南极大磷虾酱料体系,测试结束。其中把

探头下降的负载作为质构指标(以硬力 g 和硬力做功 mJ 表示),以探头上升的负载为黏度指标(以黏附力 g 和黏附性 mJ 表示)。

1.3.5 流变特性的测定 将 VT-40-20 型转子深入南极大磷虾酱料内,转子进入深度为 3 cm,在剪切率为 $5 s^{-1}$,测试温度为 $25\text{ }^{\circ}C$ 条件下,测定 60 s 条件下转子所受的压强(Pa)。南极大磷虾酱料流变特性以 η 表示,计算见公式(2)。

$$\eta = \frac{\tau}{\dot{\gamma}} \quad (2)$$

式中, τ ——剪切力(Pa); $\dot{\gamma}$ ——剪切率(1/s)。

1.3.6 电子舌的测定 参考贾凌云等^[19]的方法,

准确称取 2 g 样品,将样品处理后按照设置的序列放置于电子舌自动进样器,采用 PKS 和 CPS(通用型)、AHS(酸)、CTS(咸)、NMS(鲜)、ANS(甜)、SCS(苦)7 根传感器对滋味进行检测,每组样品重复检测 4 次,使用 Alpha Soft V14.2 软件对后 3 次采集到的数据进行处理。

1.3.7 电子鼻的测定 采用吴娜^[20]的方法,准确称取 2 g 样品,将样品处理后按照设置的序列放置在电子鼻自动进样器上,采用 16 根传感器对挥发性物质(传感器所对应的敏感物质类型见表 2)进行检测,每组样品做 3 个平行,使用 Alpha_Soft V 9.1 软件对 3 次采集到的数据进行处理。

表 2 传感器及其对应敏感物质类型

Table 2 Types of sensors and corresponding sensitive compounds

传感器名称	敏感物质类型	传感器名称	敏感物质类型
LY2/LG	氯、氟、氮氧化物、硫化物	P40/1	氟、氯
LY2/G	氨、胺类化合物、碳氧化物	T70/2	甲苯、二甲苯、一氧化碳
LY2/AA	乙醇、丙酮、氨	PA/2	乙醇、氨水、胺类化合物
LY2/GH	氨、胺类化合物	T30/1	极性化合物、氯化氢
LY2/gCTI	硫化氢	P40/2	氯、硫化氢、氟化物
LY2/gCT	丙烷、丁烷	P30/2	硫化氢、酮
P30/1	碳氢化合物、氨、乙醇	T40/2	氯
P10/1	非极性;碳氢化合物、氨、氯	T40/1	氟
P10/2	非极性;甲烷、乙烷	TA/2	乙醇

1.3.8 感官评价 南极大磷虾酱料的感官评定由具有正常感觉敏感度和食品专业背景的 10 名师生组成,参评人员经过培训后参考《水产品感官评价指南》(GB/T 37062-2018)和表 3 的评定标准对样品进行感官评定,每次测试取 5 g 样品进行评定。

1.3.9 微生物的测定 用无菌操作称量 25 g 样品,加入 225 mL 生理盐水,将均质的样品进行梯度稀释,静置 30 min 后,吸取 100 μL 在对应的平板上进行涂布。

其中菌落总数、大肠菌群平板计数法、金黄色葡萄球菌平板计数法和沙门氏菌检测方法均采用国标方法进行测定。结果以“CFU/g”表示。

1.3.10 数据处理 使用 Microsoft Excel 2016 对原始数据进行处理,表示为“平均值 \pm 标准差”,使用 IBM SPSS Statistics 24 软件中的 Duncan 多重

比较进行差异显著性分析($P < 0.05$),并用 Origin 2018 作图。

2 结果与分析

2.1 色泽分析

表 4 为不同杀菌处理方式南极大磷虾酱料的色泽分析结果。所有的处理组间 a^* 值无显著性差异($P > 0.05$),这说明不同处理方式对 a^* 值变化影响不大。CG 组的 L^* 值和 b^* 值分别为 27.35 和 -12.86,HTST 处理组的 L^* 值和 b^* 值显著性地低于 CG 组(分别为 23.24 和 -15.05)($P < 0.05$),这说明南极大磷虾酱料经过高温处理后亮度减弱,颜色逐渐变深。南极大磷虾酱料颜色变化的现象可能由于其在熟制过程中样品受到高温处理后组织结构更加密集,含水量降低,南极大磷虾酱料发生氧化,进而使得其色泽变暗^[21-23]。此外,高温处理

表3 南极大磷虾酱料感官评定标准

Table 3 Criteria for sensory evaluation of Antarctic krill sauce

指标	标准(分)			
色泽 (10%)	无光泽, 颜色暗淡 (0~40)	光泽较差, 不够红亮 (40~60)	酱体较油润, 而色泽不够红亮 (60~80)	酱体整体油润 且色泽较红亮 (80~100)
气味 (20%)	几乎没有虾味, 有焦糊味 (0~40)	酱味重或不足, 整体气味不协调 (40~60)	有虾和鲍鱼独有的香味, 气味稍淡 (60~80)	海鲜味突出,整体气味 协调,无异味 (80~100)
滋味 (40%)	口感不适, 太辣太咸, 带有苦涩味 (0~40)	咸辣重或轻, 鲜味较淡, 回味有点苦涩 (40~60)	咸淡适宜, 口感较好, 鲜味较淡 (60~80)	鲜辣可口, 咸淡适宜, 口感细腻, 鲜味突出 (80~100)
质地 (30%)	组织很不均匀, 出现析油现象, 咀嚼性差 (0~40)	组织不均匀, 太稀或太稠, 咀嚼性一般 (40~60)	组织较均匀, 略稀或稍稠, 咀嚼性较好 (60~80)	组织均匀, 稠度合适, 咀嚼性好 (80~100)

会催化美拉德反应,导致产品发生褐变,这也可能是造成南极大磷虾酱料色泽变暗的原因^[24-25]。LTLT和MV组在一定程度上减少了样品的 L^* 、 b^* 值,而两组样品色差结果没有显著性差异($P>0.05$)。

UV组的 L^* 值达到28.97,较CG组的亮度值 L^* 更高,然而没有显著性差异($P>0.05$)。这说明紫外辐射对南极大磷虾酱料的亮度有一定的促进作用。这一结果与沈阿倩等^[26]的研究结果相似。

表4 不同杀菌处理方式对南极大磷虾酱料色泽的影响

Table 4 Color analysis of Antarctic krill sauce with different sterilization methods

处理组	L^*	a^*	b^*	ΔE
CG	27.35 ± 0.81 ^a	2.24 ± 0.42 ^a	-12.86 ± 0.35 ^{ab}	72.56 ± 0.78 ^a
MV	27.26 ± 0.28 ^a	2.16 ± 0.00 ^a	-12.90 ± 0.78 ^{ab}	72.64 ± 0.24 ^a
UV	28.97 ± 0.50 ^a	2.06 ± 0.19 ^a	-11.18 ± 1.09 ^a	70.23 ± 1.16 ^a
LTLT	26.47 ± 0.13 ^{ab}	2.04 ± 0.13 ^a	-13.13 ± 0.16 ^{ab}	73.32 ± 0.22 ^{ab}
HTST	23.24 ± 2.74 ^b	2.34 ± 0.32 ^a	-15.05 ± 1.54 ^b	76.90 ± 2.99 ^b

注:不同字母表示样品间有显著性差异($P<0.05$)。

2.2 质构特性分析

南极大磷虾酱料质构数据随探头进入样品数据呈现上升趋势,这种上升趋势根据样品处理方式的不同出现不同的波动情况。当探头到测试距离回升后,黏度负载值开始下降并趋于平稳(见图1)。UV组的硬力值和硬力做功值最高,分别为166.90 g和9.33 mJ,显著性高于其它样品的数据($P<0.05$)(见表5),这一结果的出现可能是UV处理使肌动蛋白和肌球蛋白发生变性,组织结构更加致密。LTLT组所受的硬力及其做功值分别为125.50 g和6.74 mJ,显著性低于CG组

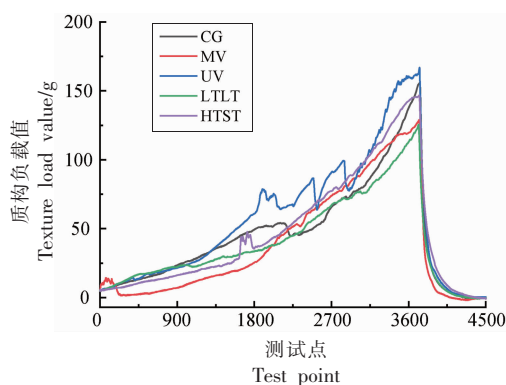


图1 不同杀菌处理方式的虾酱的质构分析

Fig.1 Texture profile analysis of Antarctic krill sauce with different sterilization methods

($P < 0.05$)。这说明样品的剪切力和韧性指数减少,肉的组织结构更加疏松,嫩度增加。Cross 等^[27]认为当加热温度在 70 ℃以上时,胶原纤维受热后开始变性,破坏了肌肉的完整性,肌原纤维的结构开始变得松散,肌肉结构遭到破坏,剪切力值开始下降^[28-29]。而 HTST 的硬力做功值达到 7.65 mJ,略大于 CG,可见产品的质构特性不仅与杀菌温度相关,还与杀菌时间相关。MV 组的硬力值和硬力做

功值较低,分别为 128.80 g 和 6.59 mJ,显著性低于 CG 处理组($P < 0.05$)。

值得注意的是,南极大磷虾酱料的黏附力均为 0 g,黏附性也较低(见表 5)。这说明南极大磷虾酱料不具备传统发酵酱料的黏附性和凝胶状态。相反,南极大磷虾的酱料具备足够的质感,可以体现其特殊的风味。

表 5 不同杀菌处理方式的南极大磷虾酱料的质构特性

Table 5 Texture characteristics of Antarctic krill sauce with different sterilization methods

处理组	硬力/g	硬力做功/mJ	黏附力/g	黏附性/mJ
CG	156.85 ± 0.64 ^a	7.57 ± 0.03 ^a	0.00	0.01
MV	128.80 ± 0.57 ^b	6.59 ± 0.08 ^b	0.00	0.03
UV	166.90 ± 2.19 ^c	9.33 ± 0.08 ^c	0.00	0.03
LTLT	125.50 ± 4.03 ^b	6.74 ± 0.16 ^b	0.00	0.02
HTST	146.70 ± 0.57 ^d	7.65 ± 0.11 ^a	0.00	0.05

注:不同字母表示样品间有显著性差异($P < 0.05$)。

2.3 流变特性分析

酱料适宜的均一性和质感可以提升风味,提高消费者品尝的感受时间,增加呈味物质的释放度^[30]。图 2 显示了不同杀菌方式的南极大磷虾酱料的流变特性。结果显示,所有样品的流变值在 10 s 前未进入测试的稳定阶段,因此选取 10 s 后的流变值分析样品的均一性和质感。UV 组流变特性曲线成波浪形数据值,其中最大值为 55.64 Pa·s,最小值为 16.44 Pa·s。这种差距较大的波动情况显示出 UV 组样品质地不均一,这与 UV 组质构结构一致。HTST 和 LTLT 组的流变值较 UV 组低,平均值分别为 35.67 Pa·s 和 29.33 Pa·s。本试验 MV 组流变曲线较平缓,波动性更小。这说明 MV 组样品更加均一,颗粒感影响较小。

2.4 电子舌分析

电子舌使用仿生材料作为传感器的敏感膜,当敏感薄膜与味觉物质接触时,膜电势发生变化并产生响应,从而灵敏和准确地检测出各类物质之间的相互关系^[31]。电子舌的主成分分析(Principal component analysis, PCA)可反映样品之间的差异,距离越远,说明样品之间的滋味差异越大,反之则越小。由图 3 可知,PC1 和 PC2 的贡献率分别为 83.31% 和 10.25%,累计贡献率为 93.55%,说

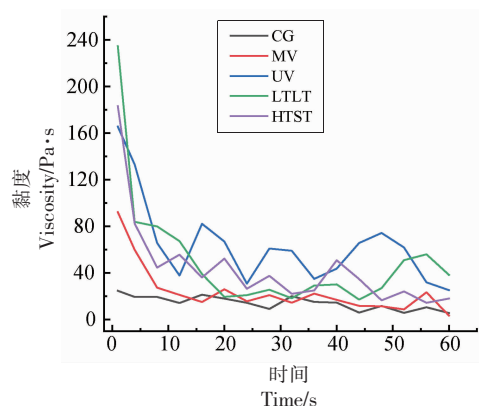


图 2 不同杀菌方式的南极大磷虾酱料的流变特性

Fig.2 Rheological properties of Antarctic krill sauce with different sterilization methods

明两组分已涵盖了测定样品的大部分信息,用来分析不同杀菌处理方式的南极大磷虾酱料的总体滋味。各样品数据点相对分散,DI 值为 79.00%,说明样品间有较好的区分度。HTST 组在 PC1 和 PC2 方向上距离 CG 较远,说明 HTST 对样品的滋味成分影响较大。余下的 4 组样品在 PC1 方向上差异较小,呈纵向分布。LTLT 在 PC2 方向距离 CG 较远,UV 在纵向分布上距离 CG 最近,说明 UV 处理中对产品中的呈味物质影响最小。

不同杀菌处理组相较于 CG 在各个传感器上(AHS、CTS、ANS、NMS、SCS)的响应值减少,说明 3

种杀菌处理方式均不同程度地影响了南极大磷虾酱料的滋味物质(见图4)。UV在各个传感器的响应值仅次于CG,说明UV对酱料中的呈味物质破坏最小,这与PCA分析结果一致。值得注意的是,HTST相较于CG在AHS传感器上的响应值减少,然而在CTS上的响应值增加,说明在高温条件下,南极大磷虾酱料中的酸味物质受到破坏,在反应过程中生成了咸味物质。这是由于高温加速了酱料中有机酸的氧化和降解^[32]。此外,高温可能加速了美拉德反应,生成物增加了产品整体的咸味^[33]。

2.5 电子鼻分析

电子鼻的PCA分析将数据转换、降维,以二维散点图呈现出来,使响应值能反应整体信息两轴的比例越大,对主成分贡献率越大^[34]。对18根传感器的响应值进行PCA分析后,PC1和PC2的贡献率分别为99.44%和0.36%,累计贡献率为99.80%,超过85%,接近100%,说明其可以代表南极大磷虾酱料的整体风味信息(见图5)。图中PC1的贡献率远大于PC2,说明横坐标间距对风味差异的影响较大。5组不同杀菌方式的样品分布没有重叠现象,DI值为88.00%,说明样品之间的气味区分明显。MV和UV组与CG组距离较小,说明UV和MV对样品的挥发性气味物质影响较小。其中HTST与CG的差异性相对最大,这说明高温杀菌明显破坏了原有样品的气味成分。

由图6可以看出,HTST处理组在LY2/G、LY2/AA、LY2/gCTI、LY2/gCT的响应值减少,而在余下传感器的响应值都升高。说明HTST组挥发性物质中氨、胺类化合物、碳氧化合物、乙醇、丙醇、氨、丙烷、丁烷等化合物参与化学反应作为反应物生成了其它物质。高温条件下,南极大磷虾酱料体系加速了氧化反应的进行,含双键的脂肪酸可能氧化成醛和酮等化合物^[35],生成的挥发性化合物带有不协调气味,使南极大磷虾酱料的气味品质下降。LTLT组的各个传感器的响应值与CG组相比有所升高,这说明LTLT提高了各物质的气味强度。MV和UV组在各传感器的响应值相对于CG变化不大,该结果与PCA分析结果一致。

2.6 感官分析

南极大磷虾酱料感官结果显示,CG的色泽、气味等感官得分较高,总体可接受度达到82.83

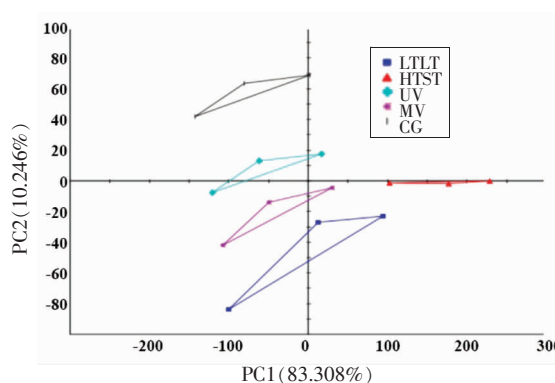


图3 不同杀菌方式的南极大磷虾酱料的电子舌响应值的主成分分析

Fig.3 Principal component analysis of electronic tongue response of Antarctic krill sauce with different sterilization methods

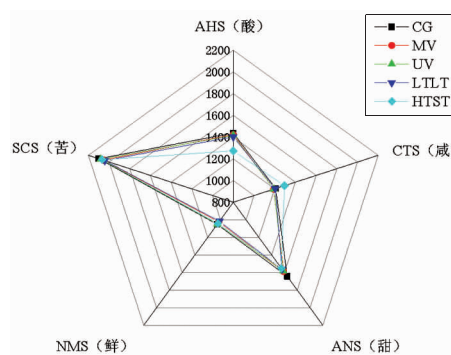


图4 不同杀菌方式的南极大磷虾酱料的电子舌雷达图

Fig.4 Electronic tongue radar map of Antarctic krill sauce with different sterilization methods

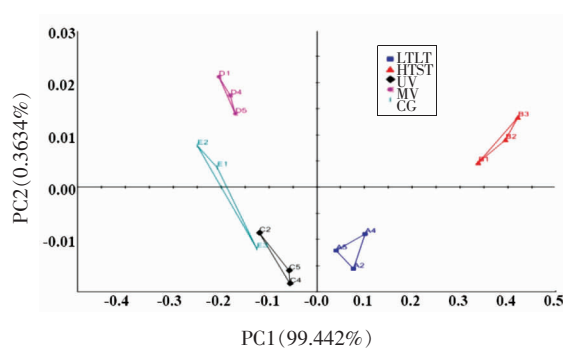


图5 不同杀菌方式的南极大磷虾酱料的电子鼻分析结果

分,说明所制备的南极大磷虾酱料具有较好的感官品质(见图7)。MV、UV、LTLT、HTST相较于CG

在各感官指标上的得分都有降低,说明4种杀菌处理方式在不同程度上影响了感官指标。HTST色泽和气味的感官得分只有42分和48分,显著性($P < 0.05$)低于其它样品,说明高温杀菌破坏了对照组的色泽、气味,这与色差分析和电子鼻分析结果一致。UV在滋味上和CG没有显著性差异($P > 0.05$),并且显著性($P < 0.05$)高于其它样品,说明UV对南极大磷虾酱料滋味物质的破坏较小,与电子舌的PCA分析结果一致,同时综合可接受度达到74.23分,相较于其它杀菌方式最高。然而,UV处理组在南极大磷虾酱料质地上的感官得分只有

61.5分,与CG相差较大,说明UV对样品在组织结构均一性上有一定的影响,这与质构和流变性的分析结果一致。LTLT和MV在色泽和气味上和CG没有显著性差异($P < 0.05$),与色泽分析和电子鼻分析结果一致,总体可接受度分别为73.18分和71.68分,说明对产品的影响程度相对较小。从总体可接受度上看,CG的感官综合可接受度较高,UV相较于其它杀菌方式对样品的感官得分影响最小,HTST的感官综合可接受度显著性($P < 0.05$)低于其它样品。

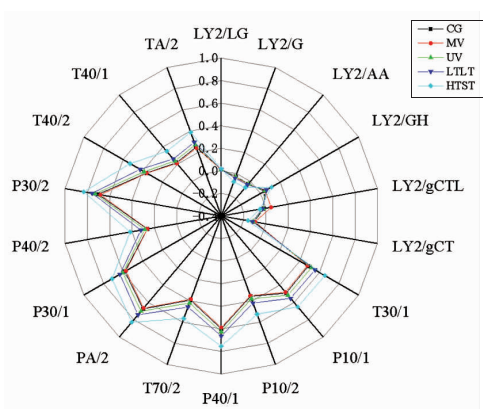
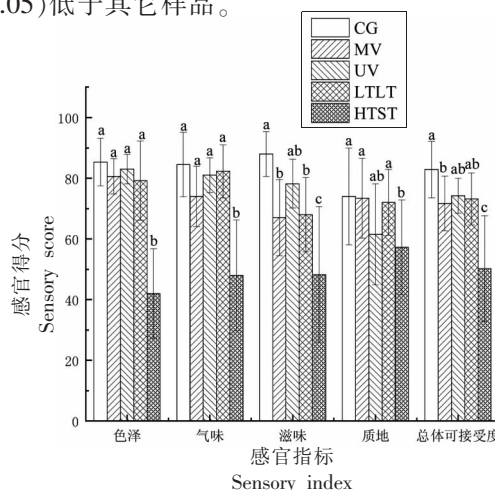


图 6 不同杀菌方式的南极大磷虾酱料的电子鼻雷达图
Fig.6 Electronic nose radar map of Antarctic krill sauce with different sterilization methods



注:不同字母表示样品间有显著性差异($P < 0.05$)。
图 7 不同杀菌方式的南极大磷虾酱料的感官评价
Fig.7 Sensory evaluation of Antarctic krill sauce with different sterilization methods

2.7 微生物分析

表 6 显示了不同杀菌方式对南极大磷虾海鲜酱料的微生物指标的影响。结果显示不同杀菌方式所得样品菌落总数均小于 10 CFU/g, 该指标远低于 Q/HT 0004 S-2019 对于酱料细菌总数的限量要求。这是因为产品制备过程处于高温和商业

无菌环境,也可能因为南极大磷虾酱料体系可能抑制微生物的生长。同时,样品中大肠菌群数量小于 10 CFU/g, 沙门氏菌和金黄色葡萄球菌均未检出,说明所制备南极大磷虾酱料绿色、安全,制备过程中受环境污染影响较小。

表 6 杀菌后南极大磷虾酱料的菌落总数

Table 6 Total bacterial count of Antarctic krill (*E. superba*) sauce after sterilization

组别	菌落总数/CFU·g ⁻¹	大肠菌群/CFU·g ⁻¹	沙门氏菌/CFU·g ⁻¹	金黄色葡萄球菌/CFU·g ⁻¹
CG	< 10	< 10	未检出	未检出
MV	< 10	< 10	未检出	未检出
UV	< 10	< 10	未检出	未检出
LTLT	< 10	< 10	未检出	未检出
HTST	< 10	< 10	未检出	未检出

3 结论

1) UV 在感官分析中所得到的总体可接受度

相较于其它杀菌方式最高,色泽 L^* 值较高,所得质构的硬力和硬力做功值分别为 166.90 g 和 9.33

mJ,显著大于其它样品($P < 0.05$),流变值为 55.57 Pa·s,显著大于其它样品($P < 0.05$),然而 UV 质构和流变的特性曲线有较强的波动性,流变特性的最大值和最低值相差 39.20 Pa·s,组织结构均一性受到影响。HTST 由于温度影响,破坏了产品的滋味和风味物质,感官评分显著低于其它处理组($P < 0.05$),HTST 色泽 L^* 值和 b^* 值显著降低 ($P < 0.05$)。MV 和 LTLT 的硬力值和硬力做功值较低,流变值较低,质地的均一性较好。经分析比较可知,感官可接受度与 L^* 值和 b^* 值呈正相关,与质构流变特性曲线的波动性呈负相关。

2) 在电子舌和电子鼻的 PCA 分析中,样品的区分度良好,UV 和 CG 的差异性相对最小,HTST 与样品的差异性较大。LTLT、UV、MV 在电子舌各味觉传感器的响应值均低于 CG,电子舌分析中,HTST 的 AHS 响应值低于 CG,CTS 的响应值高于 CG 组。HTST 在电子鼻 LY2/G、LY2/AA、LY2/gCTI、LY2/gCT 4 个传感器上的响应值相较于 CG 组更低,在其余传感器上的响应值与 CG 相比提高。LTLT、UV、MV 在电子鼻各传感器上的响应值均低于 CG。因此,可以考虑使用 L^* 值和 b^* 值,以及电子舌、电子鼻、流变和质构为检测南极大磷虾酱料的指标。

3) 整个产品细菌总数较低(小于 10 CFU/g),大肠菌群达标,金黄色葡萄球菌和沙门氏菌均未检出,说明所制备的南极磷大磷虾海鲜酱料的卫生条件及食用安全性较高。

参 考 文 献

- [1] CHI H, LI X Y, YANG X S. Processing status and utilization strategies of Antarctic krill (*Euphausia superba*) in China[J]. World Journal of Fish and Marine Sciences, 2013, 5(3): 275-281.
- [2] 迟海,李学英,杨宪时. 南极磷虾加工利用研究进展[J]. 天然产物研究与开发, 2010, 22(8): 283-287.
CHI H, LI X Y, YANG X S. Research progress on processing and utilization of Antarctic krill[J]. Natural Product Research and Development, 2010, 22(8): 283-287.
- [3] 迟海,李学英,杨宪时,等. 红酒提取物对南极磷虾贮藏过程中抗氧化效果的影响[J]. 农业机械学报, 2013, 44(2): 153-159.
CHI H, LI X Y, YANG X S, et al. Influences of wine extracted on antioxidant of antarctic krill during storage[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2013, 44(2): 153-159.
- [4] 陈雪忠,徐兆礼,黄洪亮. 南极磷虾资源利用现状与中国的开发策略分析[J]. 中国水产科学, 2009, 16(3): 451-458.
CHENG X Z, XU Z L, HUANG H L. Development strategy on Antarctic krill resource utilization in China[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2009, 16(3): 451-458.
- [5] 迟海,李学英,杨宪时,等. 南极磷虾冻藏温度下的品质变化及其货架期分析[J]. 水产学报, 2012, 36(1): 153-160.
CHI H, LI X Y, YANG X S, et al. Analysis of quality changes and shelf-life of Antarctic krill (*Euphausia superba*) at frozen temperature[J]. Journal of Fisheries of China, 2012, 36(1): 153-160.
- [6] 胡玲萍,张晓梅,张鸿伟,等. 南极磷虾自溶前后氨基酸和胰蛋白酶降解产物的变化[J]. 食品科学, 2019, 40(11): 9-14.
HU L P, ZHANG X M, ZHANG H W, et al. Changes in amino acids and tryptic peptides from Antarctic krill protein before and after autolysis[J]. Food Science, 2019, 40(11): 9-14.
- [7] 刘勤,刘志东,陆亚男,等. 南极磷虾产品研究及发展趋势[J]. 渔业信息与战略, 2014, 29(2): 115-121.
LIU Q, LIU Z D, LU Y N, et al. On Antarctic krill products and development trends[J]. Fishery Information and Strategy, 2014, 29(2): 115-121.
- [8] WANG Y, WANG R, CHANG Y, et al. Preparation and thermo-reversible gelling properties of protein isolate from defatted Antarctic krill (*Euphausia superba*) byproducts[J]. Food Chemistry, 2015, 188(1): 170-176.
- [9] WANG L Z, XUE C H, WANG Y, et al. Extraction of proteins with low fluoride level from Antarctic krill (*Euphausia superba*) and their composition analysis[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2011, 59(11): 6108-6112.
- [10] 李汴生. 热杀菌与非热杀菌特性与方法[J]. 粮油加工与食品机械, 2001(7): 14-15.
LI B S. Characteristics and methods of thermal ster-

- ilization and non thermal sterilization[J]. Grain and Oil Processing and Food Machinery, 2001(7): 14-15.
- [11] 吴桂苹, 李昌应, 谷风林, 等. 不同杀菌方式对黑胡椒风味品质的影响[J]. 热带作物学报, 2021, 42(2): 527-534.
- WU G P, LI C Y, GU F L, et al. Effects of different sterilization methods on flavor quality of black pepper (*Piper nigrum* L.) [J]. Chinese Journal of Tropical Crops, 2021, 42(2): 527-534.
- [12] 李星, 张晓春, 欧秀琼, 等. 微波杀菌对荣昌卤鹅皮脂及肌肉中挥发性风味化合物的影响研究[J]. 食品研究与开发, 2020, 41(1): 42-50.
- LI X, ZHANG X C, OU X Q, et al. Study on changes of volatile components in sebum and muscle of halogen goose before and after microwave sterilization[J]. Food Research and Development, 2020, 41(1): 42-50.
- [13] 沈海亮, 宋平, 杨雅利, 等. 微波杀菌技术在食品工业中的研究进展[J]. 食品工业科技, 2012, 33(13): 361-365.
- SHEN H L, SONG P, YANG Y L, et al. Research progress in microwave sterilization in the food industry[J]. Science and Technology of Food Industry, 2012, 33(13): 361-365.
- [14] 闫岩, 郇和生, 任志峰. 紫外杀菌技术的研究现状[J]. 石化技术, 2011, 18(4): 60-63.
- YAN Y, LI H S, REN Z F. Progress of reasearch in UV sterilization technology[J]. Petrochemical Industry Technology, 2011, 18(4): 60-63.
- [15] KIM T, SILVA J L, CHEN T C. Effects of UV irradiation on selected pathogens in peptone water and on stainless steel and chicken meat [J]. Journal of Food Protection, 2002, 65(7): 1142-1145.
- [16] SCHENK M, LOREDO A G, RAFFELLINI S, et al. The effect of UV - C in combination with H₂O₂ treatments on microbial response and quality parameters of fresh cut pear discs[J]. International Journal of Food Science and Technology, 2012, 47(9): 1842-1851.
- [17] 冯璐, 芮汉明. 不同杀菌方式对盐焗鸡翅根品质的影响[J]. 食品与发酵工业, 2006(11): 111-115.
- FENG L, RUI H M. Comparative quality of salt heated chicken wing by different means of sterilization[J]. Food and Fermentation Industries, 2006(11): 111-115.
- [18] 迟海, 李学英, 杨宪时, 等. 解冻方式和条件对南极磷虾品质的影响[J]. 食品与机械, 2011, 27(1): 94-97.
- CHI H, LI X Y, YANG X S, et al. Influence of thawing methods and factors on qualities of euphausia superba[J]. Food and Machinery, 2011, 27(1): 94-97.
- [19] 贾凌云, 胡志和, 薛璐, 等. 不同温度发酵无乳糖酸奶与普通酸奶差异性比较[J]. 食品科学, 2019, 40(23): 79-90.
- JIA L Y, HU Z H, XUE L, et al. Comparison of lactose-free and plain yoghurt fermented at different temperatures[J]. Food Science, 2019, 40(23): 79-90.
- [20] 吴娜. 基于脂质热氧化降解解析中华绒螯蟹关键香气物质的形成机制[D]. 上海: 上海海洋大学, 2017.
- WU N. Formation mechanism of key odorants derived from lipid oxidation and degradation in chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2017.
- [21] 薛超轶, 张卿, 梁鹏. 冷风干燥过程中温度对鳀鱼片品质的影响[J]. 食品研究与开发, 2016, 37(23): 29-33.
- XUE C Y, ZHANG Q, LIANG P. Effects of cold air-drying temperature on properties of anchovy filets[J]. Food Research and Development, 2016, 37(23): 29-33.
- [22] QIAO M, FLETCHER D L, SMITH D P, et al. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity[J]. Poultry Science, 2001, 80(5): 676.
- [23] KONG F B, OLIVEIRA A, TANG J M, et al. Salt effect on heat-induced physical and chemical changes of salmon fillet (*O. gorbuscha*) [J]. Food Chemistry, 2008, 106(3): 957-966.
- [24] REQUENA D D, HALE A, GREEN D P, et al. Detection of discoloration in thermally processed blue crab meat[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1999, 79(5): 786-791.
- [25] LI D Y, YUAN Z, LIU Z Q, et al. Effect of oxidation and Maillard reaction on color deterioration of ready-to-eat shrimps during storage[J]. LWT- Food Science and Technology, 2020, 131(1): 109696.
- [26] 沈阿倩, 陈舒唱, 冯作山, 等. 防腐剂协同紫外杀菌对油塔子杀菌效果及品质的影响[J]. 现代食品科技, 2020, 36(1): 136-142.
- SHEN A Q, CHEN S C, FENG Z S, et al. Effects

- of antiseptic Co-UV sterilization on the bactericidal effect and quality of youtazi[J]. *Modern Food Science and Technology*, 2020, 36(1): 136-142.
- [27] CROSS H R, CARPENTER Z L, SMITH G C. Effects of intra-muscular collagen and elastin upon bovine muscle tenderness[J]. *Journal of Food Science*, 2010, 38(6): 998-1003.
- [28] 臧大存, 周光宏, 徐幸莲, 等. 加热过程中鸭肉嫩度及超微结构的变化[J]. *江苏农业学报*, 2007, 23(5): 475-480.
- ZANG D C, ZHOU G H, XU X L, et al. Changes of ultra-structure and tenderness of duck meat during heating[J]. *Jiangsu Journal of Agricultural Sciences*, 2007, 23(5): 475-480.
- [29] WATTANACHANT S, BENJAKUL S, LEDWARD D A. Effect of heat treatment on changes in texture, structure and properties of Thai indigenous chicken muscle[J]. *Food Chemistry*, 2005, 93(2): 337-348.
- [30] 代欣欣, 李汴生. 食品增稠剂流变学研究综述[J]. *中国食品添加剂*, 2007(4): 138-142.
- DAI X X, LI B S. Review of the study on the rheological properties of food thickener[J]. *China Food Additives*, 2007(4): 138-142.
- [31] 王俊, 胡桂仙, 于勇, 等. 电子鼻与电子舌在食品检测中的应用研究进展[J]. *农业工程学报*, 2004(2): 292-295.
- WANG J, HU G X, YU Y, et al. Research and application of electronic nose and electronic tongue in food inspection[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2004(2): 292-295.
- [32] VELAZQUEZ R M, HERNANDEZ-HEEREO M M, GUAMIS-LOPEZ B, et al. Influence of ultra-high pressure homogenisation on physicochemical and sensorial properties of orange juice in comparison with conventional thermal processing[J]. *International Journal of Food Science and Technology*, 2019, 54(5): 1858-1864.
- [33] 高娟, 杜佳馨, 吴限, 等. 羊肚菌酶解液制备美拉德反应肉味调味基料[J]. *食品科学*, 2020, 41(24): 242-250.
- GAO J, DU J X, WU X, et al. Preparation of meaty flavoring base from enzymatic hydrolysate of morel mushroom by maillard reaction[J]. *Food Science*, 2020, 41(24): 242-250.
- [34] PERIS M, ESCUDER-GILABERT L. A 21st century technique for food control: electronic noses[J]. *Analytica Chimica Acta*, 2009, 638(1): 1-15.
- [35] JAVIER S V, ISABEL A, ICIAR M, et al. Low-field nuclear magnetic resonance of proton (^1H LF NMR) relaxometry for monitoring the time and temperature history of frozen hake (*Merluccius merluccius* L) muscle[J]. *Food and Bioprocess Technology*, 2015, 8(10): 2137-2145.

Effects of Sterilization Methods on Quality of Antarctic Krill Sauce

Zhao Lukai^{1,2}, Xu Yafu³, Ding Wei⁴, Tao Leren¹, Chi Hai^{1,2*}

¹*School of Medical Instrument and Food Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093*

²*East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200090*

³*Liaoyu Antarctic Krill Technology Development Co., Dalian 116000, Liaoning*

⁴*College of Food Sciences and Technology, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306*

Abstract The Antarctic krill (*Euphausia superba*) sauce was taken as the experimental objects to investigate the effects of different sterilization methods on the quality and safety of Antarctic krill sauce by analyzing the sensory, texture, rheology, color, flavor, combined with microbial residue detection. The results showed that the Antarctic krill sauce is of distinctive flavor, rich texture and high acceptability. In high temperature short time (HTST) treatment group, the Antarctic krill sauce possesses dark color, soft tenderness, uneven tissue structure. Those results lead to the poor odor and low sensory scores. Compared to other treatment groups, the ultraviolet (UV) treated group showed lower scores ($P < 0.05$) in taste and smell with control group (CG). Meanwhile, the UV had highest L^* value (28.97) in color, and hardness values and hardness work values were 166.90 g and 9.33 mJ, respectively, indicating that the Antarctic krill sauce under UV treatment had poor homogeneity of tissue structure. On the other hands, the hardness values and hard-

ness work values of Antarctic krill sauce under microwave (MV) treatment were 128.80 g and 6.59 mJ, respectively, and the rheological value was 17.49 Pa·s, indicating that Antarctic krill sauce under MV treatment was with low shear force of texture and good homogeneity of texture. Importantly, the taste, odor and color of Antarctic krill sauce under MV treatment showed limited changes. The quality of Antarctic krill sauce under low temperature long time (LTLT) had high sensory acceptability due to the little changes. At last, the total aerobic count of bacteria and coliform in Antarctic krill sauce after sterilization treatments was less than 10 CFU/g, and *Salmonella sp.* and *Staphylococcus aureus* were not detected in Antarctic krill sauce. The results in general provide basic data and new ideas for high-value commercial technology, quality improvement and comprehensive utilization of Antarctic krill in the future.

Keywords Antarctic krill; sterilization methods; sauce; quality changes; texture