

贮藏温度和时间对麻辣蛤蜊罐制品贮藏期间品质的影响

丁亚欣^{1,2}, 陆冰怡^{1,2}, 刘宝林¹, 魏紫莹^{1,2}, 刘志东^{2*}

(1. 上海理工大学 健康科学与工程学院, 上海 200082;

2. 中国水产科学研究院东海水产研究所, 上海 200082)

摘要: **目的** 针对贝类罐制品贮藏期间品质变化情况不明和调控手段缺乏等问题, 研究温度和时间对贝类罐制品贮藏期间品质变化的影响。**方法** 以麻辣蛤蜊罐制品为研究对象, 分析贮藏温度(4、10、25、30℃)对其食用和营养品质的影响规律, 探讨其品质变化原因及调控措施。**结果** 低温贮藏(4、10℃)可以较好地保持麻辣蛤蜊罐制品的感官和质构品质, 减缓脂肪的游离速度; 贮藏温度对脂肪酸组成的影响不明显, 饱和脂肪酸和单、多不饱和脂肪酸含量基本稳定; 在贮藏期间, 亚麻酸和反式亚油酸含量增加, 二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸含量减少。**结论** 低温贮藏(4、10℃)有利于保持贝类罐制品良好的食用品质和营养品质。

关键词: 罐制品; 贝类; 贮藏; 品质; 营养

中图分类号: TB487

文献标志码: A

文章编号: 1001-3563(2024)19-0215-08

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2024.19.021

Effect of Storage Temperature and Time on the Quality of Canned Spicy Clam Products during Storage

DING Yaxin^{1,2}, LU Bingyi^{1,2}, LIU Baolin¹, WEI Ziyi^{1,2}, LIU Zhidong^{2*}

(1. School of Health Science and Engineering, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200082, China; 2. East China Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Shanghai 200082, China)

ABSTRACT: In order to solve the problems of unclear quality change and lack of control methods during the storage of canned shellfish products, the work aims to study the effects of temperature and time on the quality change of canned shellfish products during storage. With the canned spicy clam products as the research object, the effects of storage temperature (4, 10, 25, 30 °C) on the edible and nutritional quality of the products were analyzed, and the reasons for the quality change and the control measures were discussed. Low-temperature storage (4 °C and 10 °C) could better maintain the sensory and texture quality of canned spicy clam products, and slow down the free release of fat. The storage temperature had no obvious effect on the composition of fatty acids, and the contents of saturated fatty acids and mono- and polyunsaturated fatty acids remained stable. During storage, the content of linolenic acid and trans-linoleic acid increased, and the content of eicosapentaenoic acid and docosahexaenoic acid decreased. Low-temperature storage (4 °C and 10 °C) is more conducive to maintaining the good edible and nutritional quality of canned shellfish products.

KEY WORDS: canned products; shellfish; storage; quality; nourishment

收稿日期: 2024-06-06

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFD0901006)

*通信作者

蛤蜊是一种优质的海洋食品,其肉质鲜美,被称为“百味之冠”。研究表明,蛤蜊富含蛋白质、脂质、 ω -3 多不饱和脂肪酸,特别是二十碳五烯酸(EPA)和二十二碳六烯酸(DHA),以及碘、钙、磷、铁等矿物质和维生素。我国蛤蜊主要分布在青岛、烟台、威海、大连等沿海城市的海域,具有生长适应性广、抗逆性强、产量高等特点,已经成为我国单产最高的养殖贝类。目前,我国蛤蜊消费主要以鲜食为主,销售半径较短。随着我国蛤蜊产量的增加,集中上市的大量蛤蜊无法完全靠鲜食消费。蛤蜊的水分含量较高,在采捕后极易损伤、死亡,其营养、安全品质也会劣变^[1-2],因此必须对采捕后的蛤蜊进行深加工。罐藏是一种经典的食物保藏方法,将经过一定处理的食物装入罐装容器,经密封杀菌、消除/控制引起食物腐败的潜在因素,从而保持食物品质^[3]。

近年来,围绕罐制品原材料、罐装介质、加工过程重要参数及包装材料等影响贝类罐制品品质的因素开展了大量研究,并取得了积极的进展^[4-6]。目前,如何解决贝类罐制品贮藏流通期间的品质劣变现象仍是罐制品产业面临的主要瓶颈问题之一,关于贮藏温度和时间对贝类罐制品品质的影响也鲜见报道。研究表明,罐制品在贮藏期间的营养品质会因贮藏条件的差异而发生不同程度的劣变(例如营养素的流失,不良化合物和风味的形成,脂质和蛋白质的破坏,口感和质构的改变等)^[7]。由此可见,需要精准评价贝类罐制品贮藏期间的品质变化规律,科学分析和优化贝类罐制品贮藏技术,从而提高产品的最终品质。

本文以麻辣蛤蜊罐制品为研究对象,研究贮藏温度和时间对麻辣蛤蜊罐制品贮藏期间营养品质的影响,以期对贝类罐制品贮藏技术的优化提供支撑。

1 实验

1.1 材料与试剂

主要材料:麻辣蛤蜊罐制品,2021 年购于烟台正润食品有限公司,保质期 18 个月,将罐制品的生产日期均控制在实验开始的当月。

主要试剂:脂肪酸甲酯标准试剂(色谱纯),Sigma-Aldrich 公司;甲醇(色谱纯),上海泰坦科技股份有限公司;苯、氯仿、异辛烷,天津市北方天医化学试剂厂。

1.2 仪器与设备

主要仪器与设备:TA.XTplusC 质构仪,英国 Stable Micro Systems 公司;恒温箱 PH-140A,上海一恒科技有限公司;气相色谱仪 7890A 型,美国 Agilent 公司;消化炉 DK20,意大利 VELP 公司;Kjeltec2300 全自动凯氏定氮仪,丹麦 FOSS 公司;H2050R 高速冷冻离心机,长沙湘仪有限公司;HAC-36C 氮吹仪,天津市恒奥科技发展有限公司;旋转蒸发器

RE-3000,上海亚荣生化仪器厂;A25 实验室小型均质机,上海福克设备有限公司;马弗炉 DC-B5/11,北京独创科技有限公司。

1.3 方法

1.3.1 制备工艺

工艺流程:挑选新鲜蛤蜊肉→清洗→沥干→腌制(同时进行香料水的熬制和麻辣油的制作)→预煮→卤制→装罐→预封→排气→密封(真空封罐)→杀菌→冷却→保温检验→麻辣蛤蜊罐制品成品。

1.3.2 贮藏实验

将麻辣蛤蜊罐制品送达实验室后,分别置于 4、10、25、30 °C 恒温箱中贮藏 12 个月,分别在 0、3、6、9、12 个月时取样进行相应指标的分析 and 评价;在 0、6、12 个月时取样进行基本营养成分、脂肪酸的检测。

$$f_2 = f_1 \times Q_{10}^{\Delta t/10} \quad (1.1)$$

式中: f_1 为较高温度 t_1 下的测试时间; f_2 为较低温度 t_2 下的测试时间; Δt 为 t_1 与 t_2 的温度差; Q_{10} 为温度为 t 时的贮存期与温度为 $(t+10\text{ }^{\circ}\text{C})$ 时的贮存期的比值,表示温差为 10 °C 的 2 个任意温度下的贮存期的比率,根据试验确定 $Q_{10}=2$ 。

1.3.3 感官评定

将麻辣蛤蜊罐制品从恒温箱中取出,在室温下放置 2 h 后开罐进行感官的评定。选择 10 位经过培训的感官评价员进行感官评分,并计算出评定小组的平均得分。麻辣蛤蜊罐制品的感官评分标准如表 1 所示^[8-9],主要从口感、外观、风味、色泽和整体接受度等 5 个项目进行评定,每个项目总分为 10 分。

1.3.4 质构测定

将麻辣蛤蜊罐制品从恒温箱中取出,在室温下放置 2 h 后开罐进行质构的测定。各取 5 个形状相似、外观完整且质量相近(约为 3.0 g)的个体,用滤纸除去样品表面残留的灌装介质。每次检测时选择相同部位,而后将其水平放置在物性测试仪探头底座的圆心处,进行质地剖面分析。参考牛改改等^[8]和 Yi 等^[10]的方法,并作修改,具体测定条件:软件测定模式 TPA,探头型号为 P/1S,测前速率为 0.5 mm/s,测试速率为 0.5 mm/s,测后速率为 0.5 mm/s,压缩百分比为 30%,触发力为 5 g,触发类型为 AUTO,时间间隔为 5 s,压缩 2 次。样品都必须严格按照相同的测前、测试、测后速率及压缩百分比进行测试,然后再进行下一个样品的测定。

1.3.5 质地变化动力学拟合

针对麻辣蛤蜊罐制品在贮藏过程中硬度的变化进行一级动力学拟合,以对数线性曲线数据来描述相对质构参数(T/T_0)与贮藏时间(t)之间的关系,见式(1)。

表 1 感官评分标准
Tab.1 Sensory scoring criteria

评分	口感	外观	风味	色泽	整体接受度
8~10	软硬适中, 咀嚼性好, 弹性很好	外形饱满, 无皱缩, 无破损, 肌肉组织紧密完整, 纹理很清晰	鲜味浓厚, 麻辣味协调	颜色正常, 色泽均匀	喜欢
6~7	较硬, 咀嚼性较好, 弹性好	外形较饱满, 有轻微皱缩, 但不明显	鲜味变淡, 麻辣味较协调	颜色开始变暗, 色泽较均匀	较喜欢
4~5	较硬, 咀嚼性一般, 稍有弹性	部分皱缩或有破裂, 肌肉组织不紧密, 但不松散	无鲜味, 口味不协调, 具有轻微氨味、尿素味	颜色逐渐变黑, 色泽较不均匀	勉强接受
0~3	软, 咀嚼性差, 质地基本无弹性	皱缩或破裂严重, 组织松散	强烈的氨味、尿素味、硫化氢味	肉质部分变成黑色	不接受

$$T = T_0 \times e^{-kt}$$
 (1)

式中: t 表示贮藏时间, 月; T 表示 t 时麻辣蛤蜊罐制品的硬度; T_0 表示贮藏期开始时麻辣蛤蜊罐制品的硬度; k 表示相应贮藏条件下麻辣蛤蜊罐制品硬度的降解速率常数, 用于分析当前条件下麻辣蛤蜊罐制品硬度的降解速率。

1.3.6 基本营养成分的测定

蛋白质的测定采用自动凯氏定氮法 (GB 5009.5—2016)。粗脂肪的测定采用索氏抽提法 (GB 5009.6—2016)。水分的测定采用直接干燥法 (GB 5009.3—2016)。灰分的测定采用灰化法 (GB 5009.4—2016)。

1.3.7 脂肪酸的测定

参考 Anishchenko 等^[11]的方法, 对样品进行前处理后, 按照 GB 5009.168—2016 中的测定方法对样品中的脂肪酸含量进行测定。

1.4 数据处理与分析

利用 Excel 2021 绘制表格, 利用 Origin 2022 作图。采用 SPSS 24.0 软件分析单因素 ANOVA 检验来进行显著性和方差分析, $P < 0.05$ 为差异显著, $P > 0.05$ 为差异不显著。所有试验至少重复 3 次, 取其平均值 $\pm$ 标准差。

2 结果与分析

2.1 感官评价结果

由图 1 可知, 不同贮藏温度下麻辣蛤蜊罐制品的口感、外观、风味、色泽及整体接受度评定结果存在明显差异。从整个贮藏期的变化来看, 在 4、10 °C 下麻辣蛤蜊罐制品的贮藏感官得分高于 25、30 °C 下, 且这 4 个温度下麻辣蛤蜊罐制品的 5 个感官得分均随着贮藏时间的延长呈下降趋势。在 5 个感官指标中, 外观评分相对较高, 且在整个贮藏期间评分的下降速率较缓慢。由此可见, 在贮藏期间麻辣蛤蜊罐制品的外观特性较好, 保存至 9 个月时仍是完整、无破损状

态。口感和风味在贮藏前期的下降趋势显著, 但 4、10 °C 温度下保存的风味指标得分显著高于在 25、30 °C 下保存, 这可能因温度的升高导致罐制品风味物质的传质速率加快^[12]。总的来说, 在低温下贮藏 (4、10 °C) 可以较好地保留麻辣蛤蜊罐制品的感官品质。

2.2 质构评价结果

通过 TPA 测试的 2 次压缩循环, 得到了麻辣蛤蜊罐制品在贮藏期间的硬度、弹性、内聚性、黏性、胶着性、咀嚼性和回复性结果, 如图 2 所示。在 4 个贮藏温度下, 麻辣蛤蜊罐制品的质构指标均随着贮藏时间的延长呈下降趋势。与贮藏前相比, 在贮藏 3 个月时, 麻辣蛤蜊罐制品的硬度、黏性、咀嚼性和胶着性显著下降 ($P < 0.05$, 下同), 说明麻辣蛤蜊罐制品在贮藏过程中质地变软, 这与 Alasalvar 等^[13]的研究结果一致, 也与感官评价实验中出现的口感变差、嚼劲不足等现象相吻合。此外, 在 4、10 °C 下贮藏的麻辣蛤蜊罐制品的质构特性明显优于 25、30 °C 下, 且在 4 °C 下贮藏其质构参数整体优于 10 °C 下贮藏, 在 4 °C 下贮藏其质构指标随着时间的延长并未显著下降 ($P > 0.05$, 下同)。说明低温可以延缓麻辣蛤蜊罐制品品质劣变的劣变, 在 4 °C 下贮藏时麻辣蛤蜊罐制品的质构品质最佳。郑炯等^[14]对麻竹笋罐头质构变化的研究结果也表明, 低温贮藏能减缓麻竹笋罐头硬度的降低, 更好地保持样品的质构特性, 与本文的研究结果相似。

2.3 质构变化动力学模型及调控分析

样品硬度在第 1 次压缩时出现最大峰值, 硬度是最直接反映口感的一项指标, 在质地剖面分析中直接影响咀嚼性、胶着性和凝聚性。这里通过检测麻辣蛤蜊罐制品的 TPA 得到了硬度在不同贮存时间的值, 并针对硬度在 4、10 °C 下贮藏过程中的变化进行一级动力学拟合, 得到的动力学曲线如图 3 所示, 动力学方程、降解速率常数 k 及线性决定系数 R^2 见表 2。从一级动力学分析曲线可知, 硬度的变化与动力学方程具有较高的线性拟合度 (R^2 为 0.890~0.966)。研究发现, 在较低温度 (4 °C) 时硬度的变化与动力学方程

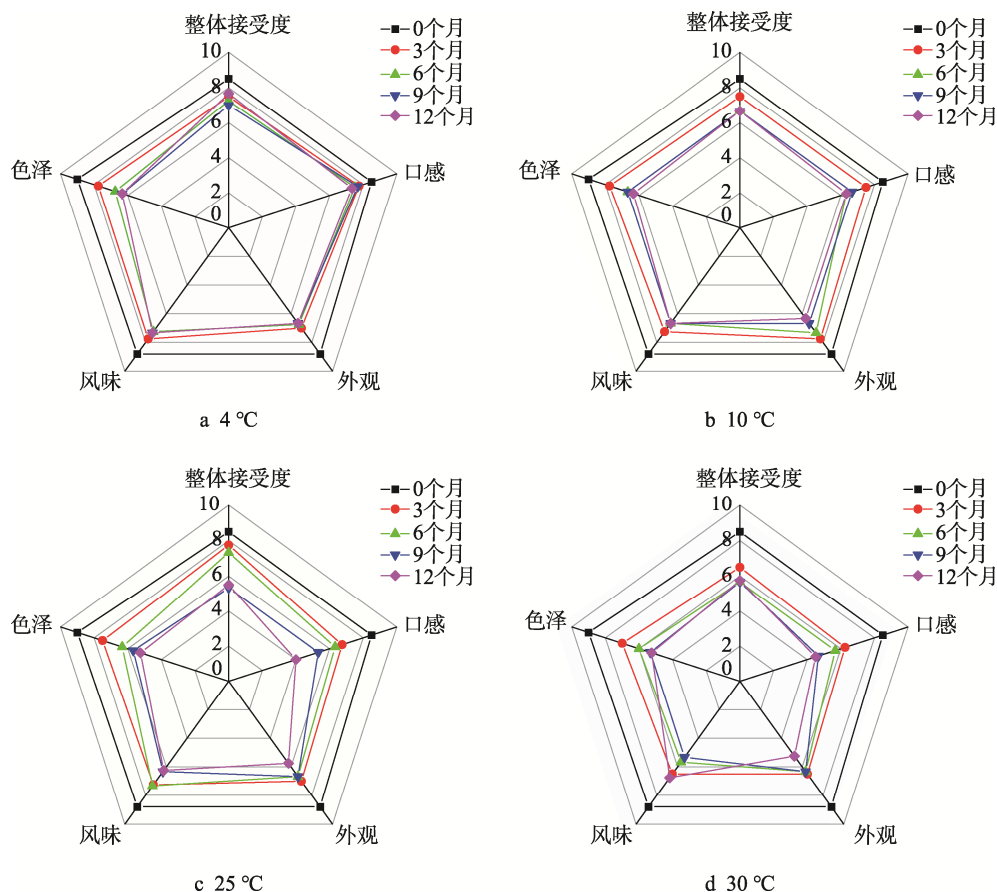
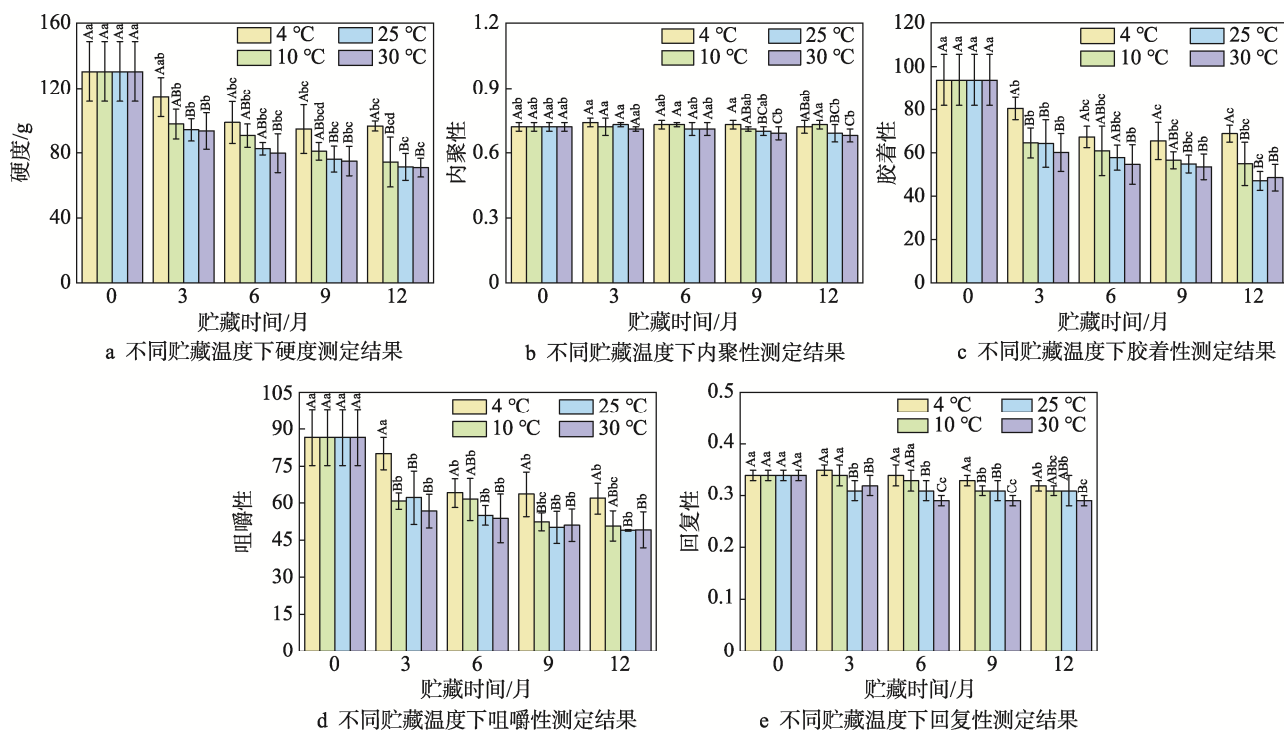


图1 贮藏温度影响麻辣蛤蜊罐制品感官评价雷达图

Fig.1 Radar chart of sensory evaluation of canned spicy clam products during storage at different temperatures



注：小写字母表示同一温度下不同时间之间存在显著性差异，大写字母表示同一时间、不同温度之间存在显著性差异，字母不同说明两两之间存在显著性差异 ($P<0.05$)，下同。

图2 贮藏温度影响麻辣蛤蜊罐制品质构特性的柱状图

Fig.2 Histogram of texture characteristics of canned spicy clam products during storage at different temperatures

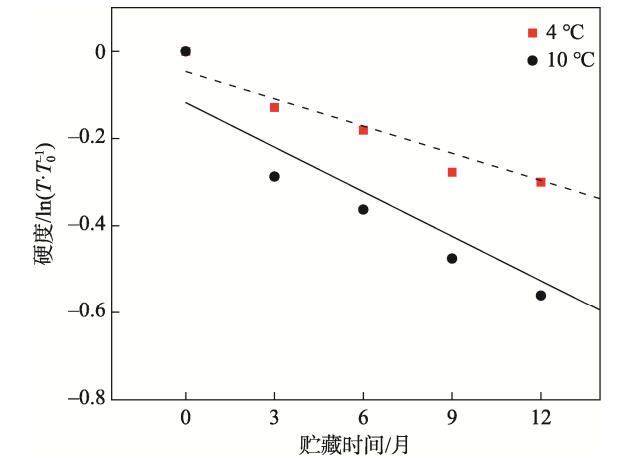


图 3 贮藏期间麻辣蛤蜊罐制品硬度的一级动力学曲线

Fig.3 First-order kinetic curves of hardness of canned spicy clams during storage

表 2 麻辣蛤蜊罐制品在贮藏期间质构变化的动力学分析

Tab.2 Kinetic analysis of texture changes of canned spicy clam products during storage

温度/℃	动力学方程	降解速率常数	线性决定系数 R^2
4	$\ln(T/T_0) = -0.024\ 9t - 0.027\ 5$	0.024\ 9	0.951\ 8
10	$\ln(T/T_0) = -0.043\ 6t - 0.075\ 4$	0.043\ 6	0.922\ 2

的线性拟合度更高, 这与 Tunick 等^[15]的结论相似, 且在 4 °C 下的降解速率常数低于在 10 °C 下, 因此麻辣蛤蜊罐制品的硬度在 4 °C 下贮藏的一级动力学的线性拟合度更高。

综上可知, 一级动力学模型能够较好地反映麻辣蛤蜊罐制品硬度在贮藏期间的变化。根据罐头的消费习惯调研结果可知, 人们食用水产罐头时间通常不是

在接近出厂日期时, 而是经贮藏后食用。由此可见, 针对麻辣蛤蜊罐头这种未贮藏时的感官和质构参数为最高值的情况, 想要使消费者得到最佳的食用品质, 建议在加工时适当提高产品的质构参数(硬度、咀嚼性等), 且建议在低温环境下贮藏。

2.4 基本营养成分分析结果

麻辣蛤蜊罐制品在贮藏期间的常规组分变化情况见表 3。在整个贮藏期间蛋白质的含量较稳定, 在 4 种温度下贮藏无显著性差异 ($P>0.05$)。这可能因罐装下贮藏对蛋白质的影响不大, 在加工过程中对其影响较大, 热处理会导致蛋白质变性^[16]。麻辣蛤蜊罐制品的脂肪含量在贮藏第 6 个月时显著下降, 在 12 月时又轻微回升。这可能是因贮藏初期发生了脂质氧化, 随着贮藏时间的延长, 蛤蜊肌肉吸收填充介质^[17]。总体来说, 麻辣蛤蜊罐制品的脂肪含量经贮藏后会降低。此外, 在 4、10 °C 下贮藏麻辣蛤蜊罐制品的脂肪含量高于 25、30 °C 下。麻辣蛤蜊罐制品的水分含量在 4、10、25 °C 温度下贮藏时较稳定, 在 30 °C 下贮藏其水分含量随着时间的延长轻微下降, 且整体含量低于其余 3 个温度下贮藏。这可能是因更高的贮藏温度会加速麻辣蛤蜊罐制品中水分的挥发, 使其水分含量减少。麻辣蛤蜊罐制品的灰分含量较稳定, 在各温度下贮藏无显著性差异。这可能是因灰分不易受到环境的影响, 其生理活性较低^[18]。

总体来说, 贮藏温度和时间对麻辣蛤蜊罐制品蛋白含量的影响较小, 低温贮藏能较好地维持产品的水分, 其脂肪含量在 4、10 °C 下高于在 25、30 °C 下, 说明低温贮藏在一定程度上减缓了脂肪的游离。灰分含量在不同贮藏温度下的差异不明显。

表 3 麻辣蛤蜊罐制品在贮藏过程中基本营养成分的变化

Tab.3 Changes in the basic nutrients of canned spicy clam products during storage

温度/℃	时间/月	蛋白质含量/[g·(100 g) ⁻¹]	脂肪含量/[g·(100 g) ⁻¹]	水分含量/[g·(100 g) ⁻¹]	灰分含量/[g·(100 g) ⁻¹]
4	0	11.43±0.15 ^{Aab}	32.53±0.95 ^{Aa}	53.43±1.07 ^{Ab}	2.43±0.06 ^{Aa}
	6	11.93±0.21 ^{Aab}	22.00±0.95 ^{Bb}	53.17±2.17 ^{Ab}	2.60±0.10 ^{Aa}
	12	14.03±0.06 ^{Aa}	29.10±0.56 ^{Aa}	59.40±0.92 ^{Aa}	2.17±0.06 ^{ABab}
10	0	11.43±0.15 ^{Aab}	32.53±0.95 ^{Aa}	53.43±1.07 ^{Aa}	2.43±0.06 ^{Aa}
	6	12.5±0.20 ^{Aa}	21.97±1.80 ^{Bb}	50.37±0.45 ^{Bab}	2.10±0.01 ^{ABab}
	12	12.37±0.42 ^{ABa}	25.93±0.67 ^{Bb}	54.33±0.50 ^{ABa}	2.57±0.06 ^{Aa}
25	0	11.43±0.15 ^{Aab}	32.53±0.95 ^{Aa}	53.43±1.07 ^{Aa}	2.43±0.06 ^{Aa}
	6	12.43±0.21 ^{Aa}	23.90±2.10 ^{Bb}	52.90±1.75 ^{Aa}	2.53±0.06 ^{Aa}
	12	13.80±0.20 ^{Aa}	25.53±1.17 ^{Bb}	54.63±0.55 ^{ABa}	2.13±0.06 ^{ABab}
30	0	11.43±0.15 ^{Aab}	32.53±0.95 ^{Aa}	53.43±1.07 ^{Aa}	2.43±0.06 ^{Aa}
	6	12.70±0.26 ^{Aab}	29.93±1.46 ^{Aab}	51.57±1.22 ^{ABa}	2.50±0.01 ^{Aa}
	12	14.47±0.06 ^{Aa}	30.47±0.25 ^{Aab}	47.17±0.70 ^{Bb}	2.33±0.06 ^{ABa}

2.5 脂肪酸分析结果

由表 4 可知,麻辣蛤蜊罐制品的多不饱和脂肪酸占比最高,达到 50%以上,其次是单不饱和脂肪酸,饱和脂肪酸(SFA)的占比最低。棕榈酸(C16:0)是麻辣蛤蜊罐制品中含量最高的 SFA,其次是硬脂酸(C18:0)。花生酸的质量分数在麻辣蛤蜊罐制品中约为 0.50%,在整个贮藏期间基本稳定。在麻辣蛤蜊罐制品贮藏初期肉豆蔻酸的质量分数为 0.08%。

在麻辣蛤蜊罐制品中只检出了 5 种单不饱和脂肪酸(MUFA),分别为 C14:1n5、C16:1n7、C17:1n7、C18:1n9c、C20:1。其中,顺式油酸(C18:1n9c)的含量最高,顺式油酸具有降血脂作用,它的变化对单不饱和脂肪酸(MUFA)总量的变化存在直接关系^[19-20]。另一种含量较高的 MUFA 是棕榈油酸(C16:1n7),近年来发现棕榈油酸对于一些代谢综合征、糖尿病等具有治疗作用^[21]。

多不饱和脂肪酸(PUFA)中的 n-3、n-6 系被认为是人类健康和营养脂肪酸的重要来源^[22]。n-3 系脂肪酸主要以亚麻酸(C18:3n3)为主,它作为必需的脂肪酸具有诸多保健功能,例如降血压^[23]和调节炎症^[24]。研究发现,在贮藏期间麻辣蛤蜊罐制品的亚麻酸含量增加。n-6 系脂肪酸是麻辣蛤蜊罐制品的主要组成部分,其中顺式亚油酸(C18:2n6c)的含量最高,占 PUFA 总量的 90%。在麻辣蛤蜊罐制品中也检出了较高含量的亚麻酸甲酯(C18:3n6)。顺式亚油酸和亚麻酸甲酯含量在贮藏期内基本稳定,这与 Gómez- Limia 等^[25]关于欧洲鳗鱼罐制品贮藏期间脂肪酸组成的变化结果一致。还发现麻辣蛤蜊罐制品中反式亚油酸(C18:2n6t)的含量在贮藏期内呈增长趋势,尽管其含量不高,但是反式脂肪酸的摄入对人体健康存在潜在威胁,例如诱发阿尔茨海默病^[26]、导致心血管疾病^[27]等。

表 4 不同贮藏温度下麻辣蛤蜊罐制品的脂肪酸组成的变化(用质量分数计)

Tab.4 Changes in fatty acid composition and mass fraction of canned spicy clam products at different storage temperatures (%)

脂肪酸	初始值	4 °C		10 °C		25 °C		30 °C	
		6 月	12 月	6 月	12 月	6 月	12 月	6 月	12 月
C14:0	0.08±0.03	—	—	—	—	—	—	—	—
C16:0	12.5±0.10	11.27±0.06	11.10±0.00	11.3±0.01	11.10±0.00	11.23±0.06	11.13±0.06	11.2±0.00	11.10±0.00
C17:0	0.06±0.05	0.04±0.00	0.09±0.00	0.04±0.00	0.09±0.01	0.04±0.00	0.07±0.00	0.04±0.00	0.09±0.01
C18:0	3.72±0.10	4.64±0.02	4.42±0.00	4.74±0.14	4.43±0.01	4.67±0.02	4.46±0.01	4.59±0.02	4.38±0.01
C20:0	—	0.53±0.01	0.50±0.00	0.55±0.03	0.50±0.00	0.54±0.00	0.50±0.00	0.53±0.00	0.49±0.00
C21:0	—	0.04±0.01	0.03±0.00	0.05±0	0.03±0.00	0.05±0.01	—	0.04±0.00	0.03±0.00
C22:0	0.55±0.12	—	—	—	—	—	—	—	—
C24:0	—	0.25±0.03	0.20±0.00	0.23±0.02	0.19±0.00	0.23±0.03	0.18±0.01	0.23±0.02	0.19±0.01
ΣSFA	16.91	16.77	16.34	16.91	16.34	16.76	16.34	16.63	16.28
C14:1n5	—	0.02±0.00	0.05±0.02	0.02±0.00	0.04±0.00	0.01±0.00	0.08±0.00	0.02±0.00	0.05±0.03
C16:1n7	0.07±0.02	0.12±0.01	0.08±0.00	0.12±0.01	0.08±0.00	0.12±0.01	0.08±0.00	0.11±0.01	0.08±0.00
C17:1n7	—	—	0.05±0.01	—	0.06±0.00	—	0.05±0.00	—	0.05±0.00
C18:1n9c	26.93±0.40	26.93±0.06	26.73±0.06	27.03±0.4	26.70±0.00	27.1±0.1	26.60±0.00	26.73±0.06	26.30±0.00
C20:1	—	0.25±0	0.23±0.01	0.26±0.01	0.23±0.00	0.26±0.01	0.21±0.01	0.25±0	0.21±0.01
ΣMUFA	27.00	27.32	27.14	27.43	27.11	27.49	27.02	27.11	26.69
C18:2n6t	—	0.4±0.00	0.19±0.04	0.38±0.00	0.21±0.01	0.39±0.00	0.41±0.02	0.38±0.01	0.40±0.00
C18:2n6c	50.57±0.74	49.97±0.06	50.83±0.06	49.7±0.35	50.80±0.00	49.8±0.17	50.70±0.00	50.3±0.1	51.07±0.06
C18:3n6	5.53±0.24	4.57±0.01	4.76±0.01	4.47±0.19	4.77±0.01	4.56±0.02	4.73±0.02	4.62±0.03	4.84±0.01
C18:3n3	—	0.05±0.01	0.05±0.00	0.05±0.01	0.06±0.00	0.05±0.01	0.06±0.01	0.04±0.01	0.05±0.00
C20:2	—	0.61±0.01	0.63±0.04	0.61±0.00	0.59±0.00	0.57±0.00	0.57±0.00	0.56±0.00	0.54±0.01
C20:4n6	—	0.07±0.01	0.06±0.00	0.06±0.01	0.06±0.00	0.06±0.00	0.07±0.00	0.06±0.01	0.06±0.00
C22:2n6	—	0.08±0.02	—	0.08±0.03	—	0.08±0.04	0.04±0.00	0.06±0.01	0.03±0.00
C22:6n3(DHA)	—	0.11±0.01	0.03±0.00	0.14±0.05	0.04±0.01	0.11±0.06	0.04±0.00	0.08±0.02	0.04±0.00
ΣPUFA	56.10	55.86	56.55	55.49	56.53	55.62	56.62	56.10	57.03
ΣPUFAn3	—	0.16	0.08	0.19	0.10	0.16	0.10	0.12	0.09
ΣPUFAn6	56.10	55.09	55.84	54.69	55.84	54.89	55.95	55.42	56.40

注:“—”表示未检出。

综上所述,麻辣蛤蜊罐制品的脂肪酸组成在贮藏期间变化不明显,SFA和MUFA的含量保持相对稳定,且不受贮藏温度的影响。尽管某些PUFA脂肪酸会下降或上升,但PUFA总量基本稳定,因此贮藏期间麻辣蛤蜊罐制品的脂肪酸组成保持稳定,这与Rather等^[28]的研究结果相似。后者在研究罐装肉制品脂肪酸谱时发现,罐装(热加工)和贮藏对高脂和低脂肉制品脂肪酸组成无显著影响。

3 结语

本文研究了贮藏温度和时间对麻辣蛤蜊罐制品贮藏期间营养品质的影响。结果表明,麻辣蛤蜊罐制品的感官品质随着贮藏时间的延长呈现先增强后下降的趋势,这与国内外罐制品研究关于“最佳食用期”和“赏味期”的理念一致。麻辣蛤蜊罐制品的质构指标在贮藏期间均呈现下降趋势,在4、10℃下贮藏的麻辣蛤蜊罐制品的感官与质构特性优于在25、30℃下贮藏。麻辣蛤蜊罐制品的一级动力学模拟结果较好地反映了贮藏期间其硬度的变化情况,并能预测“最佳食用期”。麻辣蛤蜊罐制品的脂肪酸组成在贮藏期间变化不明显,饱和脂肪酸和单不饱和脂肪酸的含量相对稳定,且与贮藏温度无明显相关性;多不饱和脂肪酸的总量基本稳定;亚麻酸和反式亚油酸的含量增加,DHA、EPA的含量呈下降趋势。对实验数据进行了分析,以量化的信息研究了低温贮藏(4、10℃)对麻辣蛤蜊罐制品品质的影响,即在低温下贮藏(4、10℃)可以较好地保持麻辣蛤蜊罐制品的营养品质,并延缓其品质的劣变进程,这些工作为贝类罐制品贮藏条件的优化提供了技术支撑。

参考文献:

- [1] TAN K, HUANG L H, TAN K, et al. Effects of Culinary Treatments on the Lipid Nutritional Quality of Fish and Shellfish[J]. Food Chemistry: X, 2023, 19: 100856.
- [2] DE SOUZA M M M, SANTOS DA BOA MORTE E, CARDOSO L G, et al. Nutritional Contribution of Shellfish from the Biodiversity of Todos Os Santos Bay, Brazil[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2021, 102: 103999.
- [3] EFFIONG E A, EZEJIOFOR A N, EKHATOR O C, et al. Probabilistic Non-Carcinogenic and Carcinogenic Risk Assessments of Potential Toxic Metals (PTMS) and Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAHs) in Canned Foods in Nigeria: Understanding the Size of the Problem[J]. Journal of Trace Elements and Minerals, 2023, 4: 100069.
- [4] 杨超一, 范超, 罗江佐, 等. 罐头食品热处理中温度验证的食品安全挑战与解决方案[J]. 中国食品工业, 2024(1): 123-125.
- [5] YANG C Y, FAN C, LUO J Z, et al. Food Safety Challenges and Solutions for Temperature Verification in Heat Treatment of Canned Food[J]. China Food Industry, 2024(1): 123-125.
- [5] 张弟俊, 吴刚, 胡长鹰, 等. 罐头食品感官分析的标准体系研究[C]// 中国标准化年度优秀论文(2023)论文集. 北京:《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司, 2023: 435-444.
- [6] ZHANG D J, WU G, HU C Y, et al. Research on the Standard System of Sensory Analysis of Canned Food[C]// China Standardization Annual Excellent Paper (2023) Proceedings. Beijing: China Academic Journals (CD-ROM Edition) Electronic Magazine Press Co, Ltd, 2023: 435-444.
- [6] YU M M, FAN Y C, XU S J, et al. Effects of Antioxidants on the Texture and Protein Quality of Ready-to-Eat Abalone Muscles during Storage[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2022, 108: 104456.
- [7] JAISWAL A K. Food Processing Technologies (Impact on Product Attributes)[M]. Boca Raton: CRC Press, 2016: 20.
- [8] 牛改改, 秦成丰, 游刚, 等. 解冻方式对近江牡蛎肉感官特征和理化指标的影响[J]. 食品工业科技, 2020, 41(16): 271-278.
- [8] NIU G G, QIN C F, YOU G, et al. Effects of Thawing Methods on Sensory Characteristics and Physicochemical Indices of Oyster (*Ostrea rivularis* Gould) Meat[J]. Science and Technology of Food Industry, 2020, 41(16): 271-278.
- [9] 孙江艳, 刘义凤, 刘磊, 等. 食品感官评价的技术手段与应用研究进展[J]. 食品工业科技, 2023, 44(24): 359-366.
- [9] SUN J Y, LIU Y F, LIU L, et al. Analysis on the Technical Means and Application Status of Food Sensory Evaluation[J]. Science and Technology of Food Industry, 2023, 44(24): 359-366.
- [10] YI J J, XU Q, HU X S, et al. Shucking of Bay Scallop (*Argopecten irradians*) Using High Hydrostatic Pressure and Its Effect on Microbiological and Physical Quality of Adductor Muscle[J]. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 2013, 18: 57-64.
- [11] ANISHCHENKO O V, SUSHCHIK N N, MAKHUTOVA O N, et al. Benefit-Risk Ratio of Canned Pacific Sauri (*Cololabis saira*) Intake: Essential Fatty Acids vs Heavy Metals[J]. Food and Chemical Toxicology, 2017, 101: 8-14.
- [12] 卢立新, 孙一超, 唐亚丽, 等. 风味物质初始质量分

- 数与储存温度对 LDPE 吸附性能的影响[J]. 食品与生物技术学报, 2016, 35(6): 635-639.
- LU L X, SUN Y C, TANG Y L, et al. Effects of Flavor Compounds Concentrations and External Temperatures on Absorption by LDPE[J]. Journal of Food Science and Biotechnology, 2016, 35(6): 635-639.
- [13] ALASALVAR C, TAYLOR K D A, ÖKSÜZ A, et al. Freshness Assessment of Cultured Sea Bream (*Sparus Aurata*) by Chemical, Physical and Sensory Methods[J]. Food Chemistry, 2001, 72(1): 33-40.
- [14] 郑炯, 宋家芯, 陈光静, 等. 麻竹笋罐头贮藏过程中质构、果胶和色泽的变化[J]. 食品科学, 2014, 35(4): 226-230.
- ZHENG J, SONG J X, CHEN G J, et al. Changes in Texture, Pectin and Colour of Canned *Dendrocalamus Latiflorus* (Giant Sweet Bamboo) Shoots during Storage[J]. Food Science, 2014, 35(4): 226-230.
- [15] TUNICK M H, ONWULATA C I, THOMAS A E, et al. Critical Evaluation of Crispy and Crunchy Textures: a Review[J]. International Journal of Food Properties, 2013, 16(5): 949-963.
- [16] NKETIA S, BUCKMAN E S, DZOMEKU M, et al. Effect of Processing and Storage on Physical and Texture Qualities of Oyster Mushrooms Canned in Different Media[J]. Scientific African, 2020, 9: e501.
- [17] DANTAS N M, DE OLIVEIRA V S, SAMPAIO G R, et al. Lipid Profile and High Contents of Cholesterol Oxidation Products (COPs) in Different Commercial Brands of Canned Tuna[J]. Food Chemistry, 2021, 352: 129334.
- [18] ZHANG W E, WANG C L, SHI B B, et al. Effect of Storage Temperature and Time on the Nutritional Quality of Walnut Male Inflorescences[J]. Journal of Food and Drug Analysis, 2017, 25(2): 374-384.
- [19] ALI M, JOSEPH M, ALFARO-WISQUILLO M C, et al. Effects of High Oleic Full-Fat Soybean Meal on Broiler Live Performance, Carcass and Parts Yield, and Fatty Acid Composition of Breast Fillets[J]. Poultry Science, 2024, 103(3): 103399.
- [20] SHAN K, FU G L, LI J Q, et al. Cis-Monounsaturated Fatty Acids Inhibit Ferroptosis through Downregulation of Transferrin Receptor 1[J]. Nutrition Research, 2023, 118: 29-40.
- [21] GE L J, YANG H C, LU W B, et al. Identification and Comparison of Palmitoleic Acid (c16:1 n-7)-Derived Lipids in Marine Fish by-Products by UHPLC-Q-EXACTIVE Orbitrap Mass Spectrometry[J]. Journal of Food Composition and Analysis, 2021, 115: 104925.
- [22] PATEL A, DESAI S S, MANE V K, et al. Futuristic Food Fortification with a Balanced Ratio of Dietary ω -3/ ω -6 Omega Fatty Acids for the Prevention of Lifestyle Diseases[J]. Trends in Food Science & Technology, 2022, 120: 140-153.
- [23] CHEN H, LENG X B, LIU S H, et al. Association between Dietary Intake of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids and all-Cause and Cardiovascular Mortality among Hypertensive Adults: Results from Nhanes 1999-2018[J]. Clinical Nutrition, 2023, 42(12): 2434-2442.
- [24] KHAN I, HUSSAIN M, JIANG B Z, et al. Omega-3 Long-Chain Polyunsaturated Fatty Acids: Metabolism and Health Implications[J]. Progress in Lipid Research, 2023, 92: 101255.
- [25] GOMEZ-LIMIA L, COBAS N, FRANCO I, et al. Fatty Acid Profiles and Lipid Quality Indices in Canned European Eels: Effects of Processing Steps, Filling Medium and Storage[J]. Food Research International, 2020, 136: 109601.
- [26] 张玲, 姜莲华, 张玉. 食品中反式脂肪酸的危害、检测方法及防控研究[J]. 现代食品, 2023, 29(6): 123-125.
- ZHANG L, JIANG L H, ZHANG Y. Research on Harm, Detection and Control of Trans Fatty Acids in Food[J]. Modern Food, 2023, 29(6): 123-125.
- [27] PARAJARA M D C, MACHADO Í E, VERLY-JUNIOR E, et al. Burden of Ischemic Heart Disease Attributable to Trans Fatty Acids, 1990-2019[J]. Clinical Nutrition ESPEN, 2023, 57: 272-280.
- [28] RATHER S A, MASOODI F A, RATHER J A, et al. Effects of Xanthan Gum, Canning and Storage Period on Fatty Acid Profile and Cholesterol Oxidation of Restructured Low-Fat Meat Product of India[J]. Food Chemistry, 2021, 359: 128450.