

DOI: 10.12161/j.issn.1005-6521.2025.08.012

贮藏温度对预制酱卤牛肉品质特性的影响

向露¹, 陈泓帆², 周玉凤¹, 黄贵英¹, 宋龙兰¹, 尹赛男¹, 聂鑫^{1*}

(1. 四川旅游学院 食品学院, 四川 成都 610100; 2. 成都大学 肉类加工四川省重点实验室, 四川 成都 610106)

摘要: 通过分析不同温度贮藏过程中预制酱卤牛肉的色度、pH值、水分含量等理化特性以及质构特性与挥发性风味物质含量等食用品质, 探究贮藏温度对预制酱卤牛肉综合品质特性的影响。结果表明: 随贮藏温度提高, 预制酱卤牛肉色度值呈先升高后降低趋势, L^* 值与 a^* 值均在 4 °C 贮藏条件下达到最大, 且该贮藏温度对牛肉 pH 值的影响最小。4 °C 贮藏温度条件下, 牛肉硬度自贮藏第 14 天开始显著降低 ($P < 0.05$), 咀嚼性在贮藏第 28 天开始显著降低 ($P < 0.05$)。而当贮藏温度升高至 10 °C 及以上时, 牛肉硬度与咀嚼性自贮藏第 4 天便开始发生明显变化。预制酱卤牛肉在低温贮藏过程中, 醛类与醇类化合物是最主要的挥发性风味物质, 醇类相对含量在贮藏第 4 天开始显著下降 ($P < 0.05$)。贮藏前期牛肉主要特征风味物质为己烷-2-醇、香叶醇、己醛、辛醛和 L-香芹酮等。综合分析得出, 4 °C 为预制酱卤牛肉最适贮藏温度, 能较好保持 7 d 贮藏期的牛肉综合品质特性。

关键词: 贮藏温度; 酱卤牛肉; 理化特性; 食用品质; 气相色谱-离子迁移色谱法

Effect of Storage Temperature on Quality Characteristics of Premade Stewed Beef with Sauce

XIANG Lu¹, CHEN Hongfan², ZHOU Yufeng¹, HUANG Guiying¹, SONG Longlan¹, YIN Sainan¹, NIE Xin^{1*}

(1. College of Food Science and Technology, Sichuan Tourism University, Chengdu 610100, Sichuan, China;

2. Key Laboratory of Meat Processing in Sichuan Province, Chengdu University, Chengdu 610106, Sichuan, China)

Abstract: By analyzing the physical and chemical properties such as chromaticity, pH value, moisture content, texture properties, volatile flavor compound content, and other edible quality of premade stewed beef with sauce during storage at different temperatures, the effect of storage temperature on the comprehensive quality characteristics of premade stewed beef with sauce was studied. The results showed that the chromaticity value of premade stewed beef with sauce increased at first and then decreased with the increase in storage temperature, and the L^* value and a^* value reached the maximum at 4 °C, which had the least effect on the pH value of beef. At the storage temperature of 4 °C, the hardness of beef decreased significantly ($P < 0.05$) from the 14th day of storage, and the chewiness decreased significantly ($P < 0.05$) on the 28th day of storage. When the storage temperature increased to 10 °C and above, the hardness and chewiness of beef began to change significantly from the 4th day of storage. Aldehydes and alcohols were the main volatile flavor compounds in premade stewed beef with sauce during low temperature storage, and the alcohols relative contents decreased significantly ($P < 0.05$) on the 4th day of storage. The main characteristic flavor compounds of beef in the early stage of storage were hexane-2-ol, geraniol, hexanal, octanal, and L-carvone, etc. Comprehensive analysis showed that 4 °C was the optimum storage temperature for premade stewed beef with sauce, which could better maintain the comprehensive quality characteristics of beef during storage of seven days.

Key words: storage temperature; stewed beef with sauce; physicochemical properties; edible quality; gas chromatography-ion mobility spectrometry (GC-IMS)

基金项目: 四川旅游学院校级重点科研项目(2022SCTUZD12)

作者简介: 向露(1995—), 女(汉), 讲师, 硕士, 研究方向: 农产品贮藏与加工。

*通信作者: 聂鑫(1985—), 女(汉), 副研究员, 博士, 研究方向: 微生物发酵。

引文格式:

向露,陈泓帆,周玉凤,等.贮藏温度对预制酱卤牛肉品质特性的影响[J].食品研究与开发,2025,46(8):97-102.

XIANG Lu, CHEN Hongfan, ZHOU Yufeng, et al. Effect of Storage Temperature on Quality Characteristics of Premade Stewed Beef with Sauce[J]. Food Research and Development, 2025, 46(8): 97-102.

预制菜肴是指以一种或多种农产品为主要原料,经适当加工后进入流通与销售环节,可直接食用或食用前仅需简单加工的预包装产品^[1]。因具有便捷、营养、广泛与多样等优势,正成为一种新的消费趋势,不断改变着我国传统的家庭备餐模式^[2-3]。牛肉富含诸多营养成分,享有“肉中骄子”美称,其全国消费量已然跃居世界第三位^[4]。预制酱卤牛肉制品,即指以牛肉及其副产品为主要原料,经预煮等一系列工艺形式制得的产品,因其香味浓郁、风味多样、色泽鲜亮与食用方便等特点,广受消费者青睐^[5-7]。

预制酱卤牛肉易受多种环境因素影响,而导致品质变化^[8]。目前,关于预制牛肉制品的研究主要集中在加工技术等工艺过程中,鲜有关于其在贮藏期间品质变化的相关报道^[9-10]。本研究按照标准工艺制作预制酱卤牛肉,并分析不同温度贮藏条件下牛肉的 pH 值、色度、水分、质构特性等理化特性以及感官、挥发性风味物质含量等食用品质变化,以期提升酱卤牛肉制品的品质与安全控制、扩大有关肉类制品开发范围提供参考和理论支撑。

1 材料与amp;方法

1.1 材料与试剂

牛肉、食盐、大葱、生姜、白糖、香叶、桂皮、酱油:市售;氢氧化钠、盐酸(均为分析纯):国药集团化学试剂有限公司。

1.2 仪器与设备

色差仪(3nh NR2000):深圳市三恩时科技有限公司;电热恒温干燥箱(BGZ-140)、恒温培养箱(BSP-150):上海博迅医疗生物仪器股份有限公司;pH计(FE28):瑞士梅特勒托利多公司;食品物性分析仪(TMS-PRO):美国 FTC 公司;万分之一天平(GL224I-1SCN):德国赛多利斯集团;气相色谱-离子迁移谱仪(FlavourSpec®):德国 GAS 公司。

1.3 方法

1.3.1 酱卤牛肉配方及制作工艺

腌制液配方:以水总质量为基础,食盐 3%,大葱 5%,生姜 5%。

卤水配方:以水总质量为基础,香叶 0.05%,桂皮 0.1%,白糖 1.5%,酱油 0.2%。

酱卤牛肉制作工艺:将新鲜牛肉剔除筋膜后分割

为小块,清洗干净浸泡进腌制液中,4℃腌制 24 h 后捞出沥干水分。而后置于卤水沸水中卤制 20 min,关火焖煮 20 min,最后用铝箔袋真空包装,121℃灭菌 15 min。

试验分组:将灭菌后样品分别置于-18、4、10、20、30℃恒温培养箱中放置 0、1、4、7、14、28 d。

1.3.2 理化特性测定

色度以标准白板为基础,采用色差仪测定。pH 值参照 GB 5009.237—2016《食品安全国家标准 食品 pH 值的测定》进行测定。水分含量参照 GB 5009.3—2016《食品安全国家标准 食品中水分的测定》中的直接干燥法测定。

1.3.3 质构特性测定

将样品切割为 1 cm×1 cm×1 cm 的小块,垂直于肌纤维方向进行全质构分析(texture profile analysis, TPA)。测定参数:探头型号为 FTC 25.4 mm 圆柱形探头;测前速度为 1 mm/s,测中速度为 1 mm/s,回复测后速度为 1 mm/s;压缩比 30%,触发力 5 g,数据收集率为 200 pps。

1.3.4 气相色谱-离子迁移色谱(gas chromatography-ion mobility spectrometry, GC-IMS)检测

将酱卤牛肉样品粉碎后准确称取 2 g,密封置于 20 mL 顶空进样瓶中。

进样条件:顶空瓶孵育温度为 60℃,孵育速度为 500 r/min,孵育时间为 15 min,进样体积为 500 μL,进样针温度为 85℃。

GC-IMS 条件:色谱柱 WAX 为 15 m×0.53 mm,柱温为 60℃;运行时间为 30 min,载气为 N₂;载气起始流速为 2 mL/min,保持 2 min,2~5 min 时流速上升为 10 mL/min,5~15 min 时流速上升为 15 mL/min,15~20 min 时流速上升为 50 mL/min,20~30 min 时流速上升为 100 mL/min;电离源为氙,载气为 N₂,迁移管长度为 10 cm,管内电压为 400 V/cm,迁移气流速为 150 mL/min,离子迁移色谱仪探测器温度为 45℃。

1.4 数据分析

采用 Vocal 软件内置 NIST 2014 和信息管理系统(information management system, IMS)数据库对样品挥发性化合物进行分析,利用 GC-IMS 系统内置的 Gallery Plot 插件绘制样品风味物质指纹图谱,使用 Microsoft Excel 2021 进行数据统计,其余图采用 Origin 2021 绘制。

2 结果与分析

2.1 贮藏温度对预制酱卤牛肉理化特性的影响

2.1.1 牛肉色度变化

预制酱卤牛肉的色度是非常重要的理化品质指标,颜色好坏是影响消费者购买意愿的直接因素^[11]。贮藏过程中,不同贮藏温度对牛肉色度的影响结果见图1。其中 L^* 值代表亮度,数值越大表示牛肉色泽越亮白; a^* 值代表红度,数值越大表示牛肉色泽越鲜红。

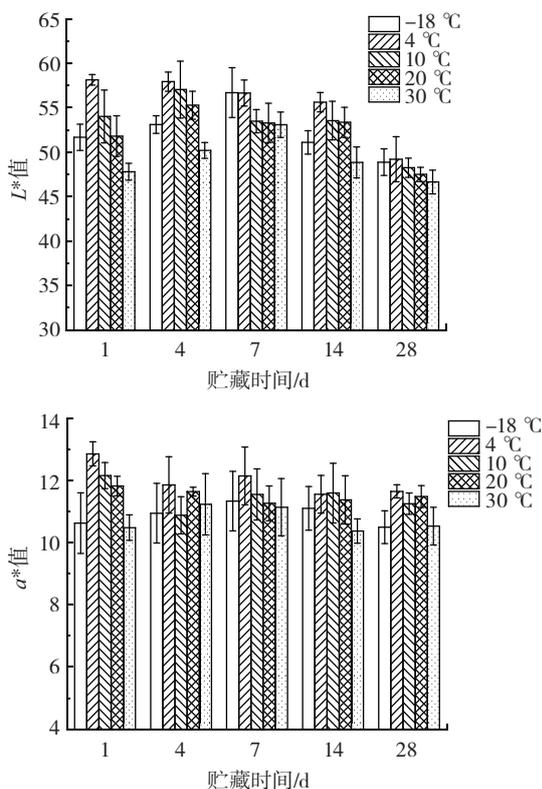


图1 不同贮藏温度对预制酱卤牛肉色度的影响

Fig.1 Effect of different storage temperatures on chromaticity of pre-made stewed beef with sauce

图1显示,整个贮藏期间,牛肉色度受贮藏温度影响的变化幅度整体呈现出先升高后降低的明显趋势。原因可能在于 $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下,牛肉中的水分全部结为冰晶,影响了对光的反射能力,从而影响牛肉色泽。 L^* 值与 a^* 值均在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下达到最大,而随着贮藏温度的不断升高,牛肉中多种微生物不断生长繁殖,使其肌红蛋白消耗分解及氧化褐变,从而导致牛肉逐渐腐败变质,亮度与红度都大大降低^[12]。因此,预制酱卤牛肉在 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下最能保持较好色泽状态。

2.1.2 牛肉 pH 值变化

pH 值对预制酱卤牛肉的贮藏品质具有较大影响,直接关乎其食用保质期^[13]。不同贮藏温度对预制酱卤牛肉 pH 值的影响见图2。

从图2可以看出, $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏条件下牛肉 pH 值偏大,可能是由于冷冻温度对牛肉蛋白质的化学结构造

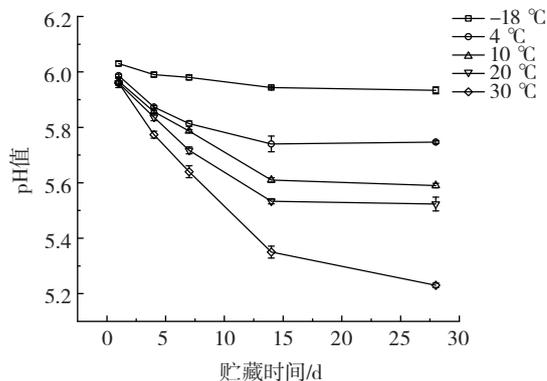


图2 不同贮藏温度对预制酱卤牛肉 pH 值的影响

Fig.2 Effect of different storage temperatures on pH value of pre-made stewed beef with sauce

成一定影响,其内部氢键、离子键和范德华力等相互作用力减弱,更多碱性基团暴露出来,从而导致牛肉 pH 值增大。当贮藏温度不断升高,牛肉 pH 值明显减小,原因在于较高温度中大量微生物的适宜繁殖与代谢,例如乳酸菌繁殖以及其他微生物的糖代谢产酸,都会导致牛肉 pH 值减小。另外可以看出,温度为 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,整个贮藏期间牛肉 pH 值总体变化幅度相对较小;而当温度增加到 $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,贮藏期间牛肉 pH 值呈明显减小趋势,这与邹云鹤^[14]的研究结果一致。总的来说, $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 贮藏温度对预制酱卤牛肉 pH 值的影响最小。

2.1.3 牛肉水分含量变化

酱卤牛肉预制过程中,牛肉从生到熟的嫩度与食用口感,受水分含量影响较大。不同贮藏温度对预制酱卤牛肉水分含量的影响见图3。

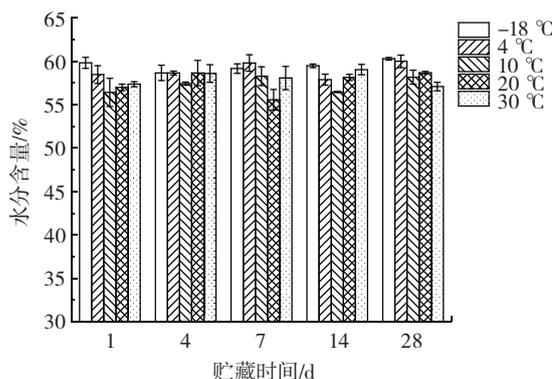


图3 不同贮藏温度对预制酱卤牛肉水分含量的影响

Fig.3 Effect of different storage temperatures on moisture content of pre-made stewed beef with sauce

图3结果表明,整个贮藏过程中,不同温度对预制酱卤牛肉的水分含量并未造成明显影响。牛肉中的水分主要包含自由水、结合水与不易流动水^[15]。在酱卤过程中,牛肉中的自由水与不易流动水都会随着熟制从内部结构中溢出,而贮藏温度对牛肉中剩下的结合水含量,并无明显影响。这一结果与 Kang 等^[16]的研究结论一致。

2.2 贮藏温度对预制酱卤牛肉肉质构特性的影响
通过TPA法测算不同贮藏温度条件下预制酱卤牛

肉的质构特性,包括硬度、黏附性、弹性以及咀嚼性。不同贮藏温度对预制酱卤牛肉肉质构特性的影响见表1。

表1 不同贮藏温度对预制酱卤牛肉肉质构特性的影响

Table 1 Effects of different storage temperatures on texture characteristics of premade stewed beef with sauce

贮藏时间/d	硬度/N					黏附性/mJ				
	-18℃	4℃	10℃	20℃	30℃	-18℃	4℃	10℃	20℃	30℃
1	46.95±4.58 ^{ax}	45.15±1.83 ^{ax}	42.81±3.02 ^{bx}	36.72±2.78 ^{ax}	36.52±1.35 ^{ax}	0.83±0.04 ^{ax}	0.52±0.01 ^{ax}	0.45±0.01 ^{ax}	0.46±0.02 ^{ax}	0.48±0.01 ^{ax}
4	46.50±4.83 ^{ax}	44.31±2.59 ^{bx}	40.69±3.51 ^{cy}	31.30±3.03 ^{dy}	31.14±1.90 ^{dy}	0.62±0.02 ^{ax}	0.54±0.02 ^{ax}	0.47±0.01 ^{ax}	0.41±0.03 ^{ax}	0.39±0.01 ^{ax}
7	45.07±5.54 ^{ax}	43.95±3.14 ^{bx}	39.48±2.99 ^{cy}	29.89±0.77 ^{dy}	29.51±2.15 ^{dy}	0.46±0.01 ^{ax}	0.45±0.01 ^{ax}	0.45±0.02 ^{ax}	0.39±0.02 ^{ax}	0.37±0.01 ^{ax}
14	45.33±3.86 ^{ax}	41.51±2.38 ^{by}	39.50±6.64 ^{cy}	29.48±1.29 ^{dy}	29.25±1.41 ^{dy}	0.44±0.03 ^{ax}	0.38±0.01 ^{ax}	0.40±0.01 ^{ax}	0.38±0.00 ^{ax}	0.39±0.01 ^{ax}
28	43.97±3.67 ^{ay}	39.48±2.76 ^{bz}	38.90±4.53 ^{cz}	25.68±2.60 ^{dz}	25.21±2.42 ^{dz}	0.38±0.01 ^{ax}	0.34±0.01 ^{ax}	0.39±0.01 ^{ax}	0.37±0.01 ^{ax}	0.37±0.01 ^{ax}

贮藏时间/d	弹性/mm					咀嚼性/mJ				
	-18℃	4℃	10℃	20℃	30℃	-18℃	4℃	10℃	20℃	30℃
1	1.86±0.39 ^{ax}	2.25±0.51 ^{ax}	2.29±0.22 ^{ax}	2.37±0.33 ^{ax}	2.75±0.34 ^{ax}	33.82±4.17 ^{ax}	26.70±3.18 ^{bx}	19.90±1.05 ^{cx}	15.67±0.42 ^{dx}	13.75±1.27 ^{dx}
4	2.49±0.12 ^{ay}	2.81±0.29 ^{ax}	2.72±0.13 ^{ax}	2.48±0.30 ^{ax}	3.15±0.36 ^{ax}	32.93±4.22 ^{ax}	25.77±4.45 ^{bx}	19.52±2.98 ^{cx}	13.08±1.24 ^{dy}	11.55±1.58 ^{dy}
7	2.87±0.33 ^{ay}	2.39±0.47 ^{ax}	2.74±0.45 ^{ax}	2.79±0.32 ^{ax}	3.04±0.38 ^{ax}	32.66±2.15 ^{ax}	23.97±1.05 ^{bx}	16.44±2.76 ^{cy}	12.99±2.68 ^{dy}	10.81±1.99 ^{ey}
14	2.69±0.40 ^{ay}	3.20±0.13 ^{ay}	3.36±0.56 ^{ay}	3.46±0.25 ^{ay}	3.69±0.45 ^{ay}	32.74±2.49 ^{ax}	23.55±2.89 ^{bx}	16.14±3.35 ^{cy}	11.47±1.51 ^{dy}	8.72±0.96 ^{cz}
28	2.96±0.29 ^{ay}	3.47±0.28 ^{ay}	3.56±0.17 ^{ay}	3.74±0.44 ^{ay}	3.98±0.23 ^{ay}	30.89±2.36 ^{ax}	21.42±1.43 ^{by}	14.67±1.90 ^{cy}	9.93±1.02 ^{dy}	8.10±0.83 ^{dz}

注:同行同一指标 a~d 字母不同表示差异显著($P<0.05$);同列同一指标 x~z 字母不同表示差异显著($P<0.05$)。

由表1可知,贮藏过程中,随贮藏温度不断升高,预制酱卤牛肉的硬度与咀嚼性呈明显降低趋势,黏附性与弹性差异不显著($P>0.05$),原因可能是牛肉中蛋白质受温度升高影响产生热变性效果,不断破坏内部肌原纤维的完整稳定结构,肌肉组织逐渐表现为断裂状态,从而导致牛肉的硬度与咀嚼性显著降低^[17]。

另一方面,表1中数据显示在-18℃贮藏温度条件下,牛肉所有质构指标在整个贮藏期内变化不大,原因在于冷冻条件下的牛肉内部发生水分结晶、蛋白质变性以及肌细胞形态变化,彻底影响牛肉质地。在4℃贮藏温度条件下,牛肉硬度自贮藏第14天开始显著降低($P<0.05$),咀嚼性在贮藏第28天显著降低($P<0.05$)。而当贮藏温度升高至10℃及以上时,牛肉硬

度与咀嚼性自贮藏第4天便开始发生明显变化。这与前面的研究结果一致,贮藏过程中的微生物生长繁殖,导致蛋白质分解、肌原纤维结构破坏,从而降低牛肉硬度与咀嚼性^[18]。但4℃同样应为预制酱卤牛肉较适宜贮藏温度,该条件下牛肉肉质构特性能达到更长贮藏期的稳定品质。

2.3 贮藏过程中预制酱卤牛肉风味变化

2.3.1 牛肉挥发性风味物质定性和定量分析

利用GC-IMS技术测定4℃贮藏温度条件下,贮藏过程中预制酱卤牛肉的挥发性风味物质含量,通过系统内置的NIST 2014和IMS数据库对挥发性化合物进行定性分析,采用系统峰体积进行相对含量计算,从而完成定量分析,结果如表2所示。

表2 低温贮藏过程中预制酱卤牛肉风味物质含量

Table 2 Flavor compound content of premade stewed beef with sauce during low temperature storage

化合物	相对含量/%					
	0 d	1 d	4 d	7 d	14 d	28 d
醛类	24.41±0.81 ^a	23.84±0.18 ^a	20.16±0.15 ^b	23.85±0.32 ^a	22.88±0.32 ^a	21.04±0.26 ^b
醇类	22.34±0.06 ^a	22.38±0.31 ^a	20.42±0.27 ^b	19.55±0.17 ^b	17.87±0.37 ^c	17.11±0.36 ^c
酮类	11.07±0.38 ^b	11.32±0.58 ^b	12.13±0.20 ^b	14.36±0.67 ^a	12.54±0.50 ^a	13.07±0.47 ^a
酯类	19.12±0.97 ^a	18.89±0.44 ^a	18.25±0.43 ^a	17.23±0.78 ^a	17.91±0.68 ^a	16.60±0.47 ^b
烃类	15.40±0.15 ^a	16.47±0.15 ^a	16.57±0.70 ^a	16.51±0.08 ^a	16.78±0.32 ^a	16.34±0.45 ^a
酸类	5.53±0.75 ^a	6.35±0.20 ^a	6.74±0.65 ^a	7.00±0.41 ^a	6.43±0.34 ^a	6.22±0.41 ^a
酚类	1.14±0.02 ^a	1.00±0.04 ^a	1.00±0.06 ^a	0.81±0.04 ^a	0.90±0.02 ^a	0.89±0.02 ^a
腈类	0.12±0.01 ^a	0.12±0.01 ^a	0.19±0.01 ^a	0.14±0.01 ^a	0.13±0.01 ^a	0.25±0.01 ^a
其他类	0.86±0.17 ^a	0.63±0.03 ^b	0.55±0.02 ^b	0.55±0.02 ^b	0.56±0.02 ^b	0.49±0.02 ^b

注:同行不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。

结果显示,预制酱卤牛肉在低温贮藏过程中共检出131种挥发性化合物,包括醛类34种、醇类

28种、酮类13种、酯类21种、烃类18种、酸类8种、酚类4种、腈类2种以及其他类型化合物3种。有研

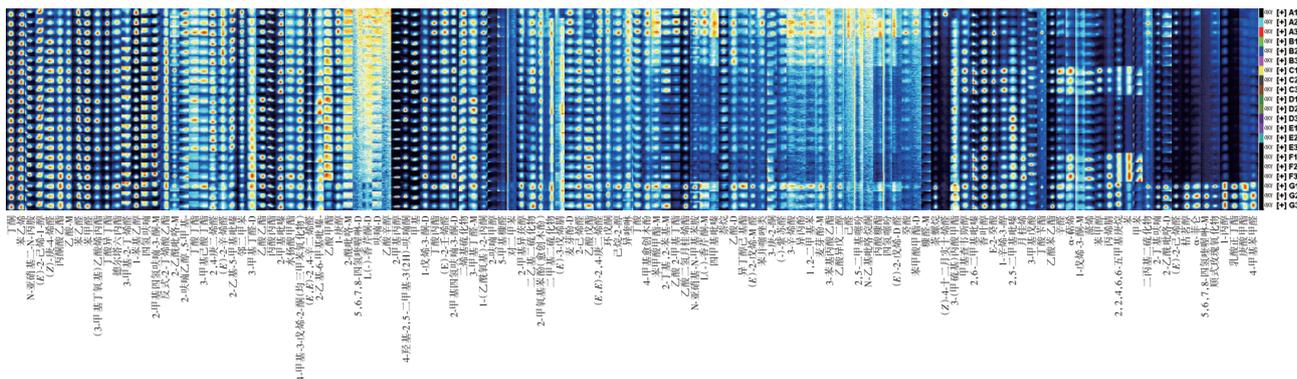
究指出,醛类是肉类制品呈味物质中的主要成分之一^[19],其较高含量对预制酱卤牛肉的独特风味具有突出贡献。

从表2可以看到,随贮藏时间延长,预制酱卤牛肉主要风味物质醛类的相对含量呈现先降低后增高再降低的趋势,酮类相对含量变化趋势为先增高后降低,醇类相对含量则一直明显降低,而酯类、烃类等其他风味物质相对含量整体变化不明显。贮藏前4 d牛肉风味物质相对含量变化较小,原因可能是低温贮藏抑制牛肉中的微生物生长繁殖与酶促作用等,导致风味物质氧化衰减的趋势较小。贮藏第4~7天,随着微生物降

解与脂质氧化等作用不断增强,牛肉中醇类化合物首先被氧化为醛类、酮类,而后醛类、酮类等化合物进一步被转化为其他挥发性杂环化合物的中间体^[20]。贮藏第7天及以后,各类挥发性化合物相对含量明显下降,牛肉风味锐减。

2.3.2 牛肉挥发性风味物质指纹图谱分析

通过指纹图谱可以直观对比低温贮藏过程中,牛肉风味物质在组成和含量上的共性和差异。选取所有定性峰,利用系统内置的 Gallery Plot 插件自动绘制4℃贮藏条件下,预制酱卤牛肉的挥发性风味物质指纹图谱如图4所示。



A1、A2、A3 为贮藏 0 d; B1、B2、B3 为贮藏 1 d; C1、C2、C3 为贮藏 4 d; D1、D2、D3 为贮藏 7 d; E1、E2、E3 为贮藏 14 d; F1、F2、F3 为贮藏 28 d。同一行为一个样品检出的挥发性成分组成情况,同一列为同一挥发性风味成分在不同样品中的信号峰情况,信号峰颜色的明亮程度代表了对应风味化合物含量的高低^[21-22]。

图4 低温贮藏过程中预制酱卤牛肉风味物质指纹图谱

Fig.4 Fingerprint of flavor compounds in pre-made stewed beef with sauce during low temperature storage

由图4可知,贮藏期间牛肉中共有且差异较小的风味物质包括丙酮酸乙酯、丁酸异乙酯、乙酸-M、苯乙烯和四氢呋喃等;贮藏28 d的主要呈味物质以苯、甲苯、乙酸甲酯和3-甲基丁醛为代表;贮藏前4 d时含量较高的风味物质主要是己烷-2-醇、乙酸异戊二醇、己醛、(E)-2-戊烯-M醛、L-香芹酮和4-甲基愈创木酚;贮藏7 d时的特征风味物质则是香叶醇、月桂烯和辛醛^[23]。

3 结论

本研究测定分析了预制酱卤牛肉在不同温度贮藏过程中的综合品质特性变化。结果显示,预制酱卤牛肉在4℃贮藏条件下保存效果最佳。该贮藏温度下,牛肉色度 L^* 值与 a^* 值最大,pH值变化最小,硬度自第14天开始显著降低,咀嚼性自第28天开始显著降低。预制酱卤牛肉在低温贮藏过程中共检测出131种挥发性化合物,其中,醛类与醇类化合物为最主要挥发性风味物质,醇类相对含量在贮藏第4天开始显著下降,贮藏前期牛肉主要特征风味物质为己烷-2-醇、香叶醇、己醛、辛醛和L-香芹酮等。综合结果表明,预制酱卤牛肉最适贮藏温度为4℃,该条件下可有效保存7 d。本研究可为更多预制肉类制品的开发、贮藏以及特征

风味探究提供一定的理论依据,可为工业化生产相关预制产品的品质与安全控制等提供理论参考。但具体预制酱卤牛肉贮藏货架期的精准测算还需深入研究。

参考文献:

- 马良. 典型调理菜肴射频及其抑菌剂协同杀菌机理及品质调控研究[D]. 无锡: 江南大学, 2021.
MA Liang. Study on the synergistic effects of radio frequency combined with antibacterial agents on the quality of typical prepared foods and related mechanism[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2021.
- 吴勇. 预制菜产业迎来黄金发展期[N]. 中国证券报, 2022-06-01 (A07).
WU Yong. Prefabricated vegetable industry ushered in golden development period [N]. China Securities Journal, 2022-06-01(A07).
- 文露敏. 预制菜大热, 川企如何顺势而上? [N]. 四川日报, 2022-06-02(005).
WEN Lumin. Premade vegetables are hot, how do Sichuan enterprises take advantage of the trend?[N]. Sichuan Daily, 2022-06-02 (005).
- 李凯利. 预制牛肉贮藏期间品质变化及微生物生长模型的建立[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2018.
LI Kaili. Study on the quality change and microbial growth model of prepared beef during storage[D]. Hangzhou: Zhejiang A & F University, 2018.
- 聂鑫, 陈泓帆, 向露, 等. 低盐肉制品加工技术研究进展[J]. 中国

- 调味品, 2023, 48(6): 216-220.
- NIE Xin, CHEN Hongfan, XIANG Lu, et al. Research progress on processing technology of low-salt meat products[J]. China Condiment, 2023, 48(6): 216-220.
- [6] 李娟. 我国不同地区酱卤牛肉风味物质剖面分析[D]. 北京: 中国农业科学院, 2018.
- LI Juan. Flavor profiling of marinated beef collected from different regions of China[D]. Beijing: Chinese Academy of Agricultural Sciences, 2018.
- [7] GONG H, YANG Z, LIU M, et al. Time-dependent categorization of volatile aroma compound formation in stewed Chinese spicy beef using electron nose profile coupled with thermal desorption GC-MS detection[J]. Food Science and Human Wellness, 2017, 6(3): 137-146.
- [8] 杨清清, 王靖怡. 618 预售销量暴增四千亿级预制菜市场呼唤新标准[N]. 21 世纪经济报道, 2022-06-10(011).
- YANG Qingqing, WANG Jingyi. 618 Pre-sale sales surge 400 billion level prefabricated vegetable market calls for new standards [N]. 21st Century Business Herald, 2022-06-10(011).
- [9] 钮忠华. 酱卤牛肉腌制工艺及品质研究[J]. 发酵科技通讯, 2022, 51(2): 105-109.
- NIU Zhonghua. Study on the marinating technology and quality of sauce-brine beef[J]. Bulletin of Fermentation Science and Technology, 2022, 51(2): 105-109.
- [10] FORD E, DAVIS M, KIM Y H B, et al. Impact of antimicrobial carcass washes and processing techniques on quality attributes of beef frankfurters[J]. Foods, 2022, 11(13): 1891.
- [11] 刘竹臻. 中国传统酱卤制品初始菌相分析及酱牛肉货架期预测模型的研究[D]. 上海: 上海应用技术大学, 2016.
- LIU Zhuzhen. Study on initial bacteria composition of Chinese traditional sauced meat and predictive model of shelf life for sauced beef [D]. Shanghai: Shanghai Institute of Technology, 2016.
- [12] 屠明亮, 孟祥忍, 王恒鹏, 等. 循环卤煮过程中牛肉品质变化规律研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(5): 39-42.
- TU Mingliang, MENG Xiangren, WANG Hengpeng, et al. Study on the quality changes of beef during the cyclic stewing[J]. China Condiment, 2022, 47(5): 39-42.
- [13] 周星辰, 王卫, 白婷, 等. “气调+冷藏”对四川卤牛肉质量特性的影响研究[J]. 中国调味品, 2022, 47(5): 79-83, 88.
- ZHOU Xingchen, WANG Wei, BAI Ting, et al. Study on the effect of ‘controlled atmosphere+cold storage’ on the quality characteristics of Sichuan stewed beef[J]. China Condiment, 2022, 47(5): 79-83, 88.
- [14] 邹云鹤. 超声波辅助煮制对酱卤牛肉品质的影响研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2018.
- ZOU Yunhe. Effects of ultrasound assisted cooking on the quality of spiced beef[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2018.
- [15] 赵越. 红烧肉在加工和储藏过程中的品质变化研究[D]. 无锡: 江南大学, 2017.
- ZHAO Yue. Study on quality change of stewed pork during processing and storage [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2017.
- [16] KANG D C, GAO X Q, GE Q F, et al. Effects of ultrasound on the beef structure and water distribution during curing through protein degradation and modification[J]. Ultrasonics Sonochemistry, 2017, 38: 317-325.
- [17] 赵家艺, 马梦斌, 李亚蕾, 等. 加热温度对酱卤牛肉肉质特性及水分分布的影响[J]. 肉类研究, 2020, 34(7): 18-21.
- ZHAO Jiayi, MA Mengbin, LI Yalei, et al. Effect of reheating temperature on texture properties and moisture distribution of sauced beef[J]. Meat Research, 2020, 34(7): 18-21.
- [18] 康大成. 超声波辅助腌制对牛肉品质的影响及其机理研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2017.
- KANG Dacheng. Effect and mechanism of ultrasound-assisted curing on the quality of beef [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2017.
- [19] 鄢嫣, 杨明柳, 周迎芹, 等. 不同发酵剂对发酵牛肉品质、风味特性和安全性的影响[J]. 中国食品学报, 2024, 24(4):170-185.
- YAN Yan, YANG Mingliu, ZHOU Yinqin, et al. Effects of different starter cultures on quality, flavor characteristics and safety of fermented beef[J]. Chinese Journal of Food Science, 2024, 24(4):170-185.
- [20] ZHUANG K J, WU N, WANG X C, et al. Effects of 3 feeding modes on the volatile and nonvolatile compounds in the edible tissues of female Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Journal of Food Science, 2016, 81(4): S968-S981.
- [21] 赵志平, 张盛源, 陈泓帆, 等. 基于 GC-IMS 和电子鼻分析牛肉腐败进程中挥发性风味物质的变化[J]. 食品工业科技, 2024, 45(11): 235-244.
- ZHAO Zhiping, ZHANG Shengyuan, CHEN Hongfan, et al. Changes of volatile flavor substances of beeves in spoilage process based on gas chromatography-ion mobility spectrometry and electronic nose[J]. Science and Technology of Food Industry, 2024, 45(11): 235-244.
- [22] CHEN H F, NIE X, PENG T, et al. Effects of low-temperature and low-salt fermentation on the physicochemical properties and volatile flavor substances of Chinese kohlrabi using gas chromatography-ion mobility spectrometry[J]. Fermentation, 2023, 9(2): 146.
- [23] 邱月, 许蜜蜜, 谢雪华, 等. 基于 GC-IMS 和化学计量学分析热加工牛肉特征风味物质[J]. 浙江工业大学学报, 2023, 51(4): 448-455.
- QIU Yue, XU Mimi, XIE Xuehua, et al. Analysis of characteristic flavor compounds of thermally processed beef based on GC-IMS and chemometrics[J]. Journal of Zhejiang University of Technology, 2023, 51(4): 448-455.

责任编辑:王艳
收稿日期:2024-08-01